



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TRABAJO FINAL DE GRADO

TITULO:

Diseño de un taladro / atornillador eléctrico

AUTOR: Jonathan González Ramírez

TITULACION: Grado en Ingeniería Eléctrica

DIRECTOR: Pere Andrada Gascón

DEPARTAMENTO: Ingeniería Eléctrica

FECHA: 25 de febrero de 2014

TITULO:

Diseño de un taladro / atornillador eléctrico

APELLIDOS: González Ramírez**NOMBRE:** Jonathan**TITULACION:** Grado en Ingeniería Eléctrica**PLAN:** 2008/09**DIRECTOR:** Pere Andrada Gascón**DEPARTAMENTO:** Ingeniería Eléctrica**CALIFICACION DEL TFG****TRIBUNAL****Balduino Blanqué Molina**
PRESIDENTE**Enric Ferrer Bardem**
SECRETARIO**Javier Navarro Bosque**
VOCAL**FECHA DE LECTURA:** 11 de julio de 2014**Este proyecto tiene en cuenta aspectos medioambientales:** ☒ Sí ☐ No

TRABAJO FINAL DE GRADO

RESUMEN (máximo 50 líneas)

Empresarialmente hablando, existen varias técnicas para poder desarrollar o mejorar un producto, un proceso, un departamento... El proceso de *benchmarking*, en concreto el competitivo, consiste en identificar la información específica de un producto o proceso de la competencia directa, que destaca en el sector, comparándolo con lo que tenemos en nuestra empresa.

En base a este concepto se ha rediseñado un taladro y atornillador de baterías, de unas prestaciones determinadas: será ligero, para poder ser utilizado en pequeños trabajos de mampostería o carpintería, con una tensión en su acumulador de 12 V.

El estudio de mercado es el pilar fundamental del benchmarking, esta es la forma más directa de obtener información de las prácticas empleadas por los competidores directos. Una vez seleccionado el mejor producto, deberá realizarse un análisis más exhaustivo, despiezando elemento a elemento. Esta práctica es lo que se conoce como, ingeniería inversa. De esta forma podremos conocer a los posibles proveedores, características técnicas de los componentes, etc.

En la parte final se debe actuar, analizando las partes susceptibles de ser mejoradas y las que están totalmente optimizadas, las cuales, por lo tanto, conviene adoptar. Aunque, se debe tener en cuenta cómo influye el implementar según qué medidas, porque puede resultar contradictorio con los objetivos inicialmente deseados en el proceso, por ejemplo: incremento de costes, pérdida de algunas prestaciones...

Una vez expuestas las conclusiones del análisis y las mejoras introducidas, hay que tener en cuenta que el *benchmarking* es un proceso de mejora continua. Si es necesario retomar el estudio deberá hacerse desde este punto, para introducir más mejoras o ampliar campos insuficientes del mismo.

Palabras clave (máximo 10):

<i>Benchmarking</i>	Motor C.C	Portabrocas	Baterías
Ingeniería inversa			
Taladro / atornillador			

FINAL GRADE PROJECT

ABSTRACT (50 lines maximum)

In the enterprise sphere, there are several techniques to develop or improve a product, a process, a department....The benchmarking, specifically the competitive one, consists on identify the specific information of a product or process of the companies in direct competition, which dominates the sector, and compares that issue to what we have in our company.

Based on this concept it has been redesigned a drill and screwdriver batteries with certain features: It has to be light to be used in small masonry or carpentry work with a strain of 12V battery.

The market research is the main feature of benchmarking. Thus, we can obtain information about our direct competitors. Once you choose the best product, further analysis should be performed cutting up block by block. This practice is known as reverse engineering. In this way, we can meet potential suppliers; know the technical characteristics of the components, etc...

Finally, we should take into account the sections that could be improved and the sections that are already fully optimized and we must adapt it. Although, we should consider the impact of implementing the new characteristics since we can move away from the target, such as increased costs or loss of some features.

Once exposed the conclusions of the analysis and the improvements, we must keep in mind that the benchmarking is a process of continuous improvement. If it were necessary to continue with the study, it might be done starting on this point to introduce further improvements or extend the fields that need more development.

Keywords (10 maximum):

<i>Benchmarking</i>	D.C. Motor	Drill chuck	Batteries
Reverse engineering			
Drill / Driver			

Índice

0. Introducción.....	1
1. ¿Qué es el <i>benchmarking</i> ?	2
1.1. Definiciones	2
1.2. Tipos de <i>benchmarking</i>	3
1.3. Metodología	4
2. Estudio de mercado	7
2.1. Conclusiones	18
3. Análisis del producto	22
3.1. Motor	23
3.1.1. Características técnicas	24
3.1.2. Modelización FEMM	30
3.1.3. Conclusiones	32
3.2. Portabrocas.....	33
3.2.1. Características técnicas	34
3.2.2. Estudio mecánico.....	37
3.2.3. Conclusiones	38
3.3. Baterías	39
3.3.1. Características técnicas	40
3.3.2. Normativa	42
3.3.3. Conclusiones	44
4. Mejoras derivadas del proceso	45
4.1 Conclusiones	48
5. Estudio económico	49
6. Conclusiones	50
7. Bibliografía.....	51
8. Anexos.....	55
8.1. Anexo 1: Especificaciones.....	55
8.2. Anexo 2: Planos	57

Índice de figuras

<i>Figura 1: proceso de benchmarking según M.J. Spendolini.</i>	4
<i>Figura 2: taladro 6271DWAE</i>	8
<i>Figura 3: taladro 6271DWPE3</i>	8
<i>Figura 4: taladro 6261DWPE3</i>	9
<i>Figura 5: taladro DF030DWE3</i>	9
<i>Figura 6: taladro DF330DWE3</i>	10
<i>Figura 7: taladro DF330DWX01</i>	10
<i>Figura 8: taladro BS 12G</i>	11
<i>Figura 9: taladro BSB 12G</i>	11
<i>Figura 10: taladro BS 12C (IQ)</i>	12
<i>Figura 11: taladro BS 12C2 LI</i>	12
<i>Figura 12: taladro DS12DVC</i>	13
<i>Figura 13: taladro DS12DVF3</i>	13
<i>Figura 14: taladro DB10DL</i>	14
<i>Figura 15: taladro DS10DFL</i>	14
<i>Figura 16: taladro GSR 12-2 Pro.</i>	15
<i>Figura 17: taladro GSB 9,6-2 Pro.</i>	15
<i>Figura 18: taladro GSR 10,8-2-LI Pro.</i>	16
<i>Figura 19: taladro GSR 10,8-LI Pro.</i>	16
<i>Figura 20: taladro DCD710S2</i>	17
<i>Figura 21: taladro DCK211S2</i>	17
<i>Figura 22: primer despiece del taladro.</i>	24
<i>Figura 23: conjunto motor-portabrocas.</i>	24
<i>Figura 24: tomando medidas del motor.</i>	25
<i>Figura 25: despiece del rotor.</i>	28
<i>Figura 26: análisis del bobinado.</i>	29
<i>Figura 27: simulación con FEMM.</i>	30
<i>Figura 28: obtención del par teórico mediante FEMM.</i>	31
<i>Figura 29: despiece del portabrocas.</i>	34
<i>Figura 30: despiece engranaje planetario.</i>	35
<i>Figura 31: despiece del segundo engranaje planetario.</i>	36
<i>Figura 32: despiece final del engranaje planetario.</i>	36
<i>Figura 33: características de la batería.</i>	40
<i>Figura 34: configuración de las batería</i>	40
<i>Figura 35: celdas de la batería.</i>	41
<i>Figura 36: celdas cilíndrica MOLICEL® IMR-18650E</i>	41
<i>Figura 37: ejemplo de etiquetado obligatorio según la Directiva 2006/66/CE</i>	43
<i>Figura 38: agarre ergonómico del taladro.</i>	45
<i>Figura 39: mejora ergonómica del gatillo.</i>	45
<i>Figura 40: mejora del portabrocas.</i>	46
<i>Figura 41: indicador de estado de la batería.</i>	47
<i>Figura 42: anverso y reverso de la tarjeta de circuito impreso.</i>	47
<i>Figura 43: vista general las mejoras implementadas en el taladro UPC12M01</i>	48
<i>Figura 44: taladro UPC12M01</i>	55

0. Introducción

El presente proyecto tiene como objetivo principal, analizar mediante *benchmarking* un taladro y atornillador eléctrico. En concreto, el tipo de *benchmarking* aplicado será el competitivo, que además en nuestro caso llevara implícito una ingeniería inversa.

Esta idea, es una propuesta realizada por mi director, Pere Andrada Gascón. Tiene muchas similitudes con una práctica de laboratorio realizada en su asignatura, Diseño de Máquinas y Dispositivos Eléctricos (DMDE). La realización de esta práctica, el cuatrimestre pasado, me resulto muy interesante y este es uno de los motivos por los que seleccione esta propuesta.

La memoria está estructurada en cinco apartados. En primer lugar, se explicará el *benchmarking*, técnica que se aplica principalmente en la industria, pudiendo ser utilizada en otros ámbitos. Tendemos a pensar, erróneamente, que: “*es sencillamente copiar lo que hacen nuestros competidores*”.

Esta, es una afirmación que debemos evitar, porque como se explicará en profundidad, se trata de un proceso que requiere tiempo, disciplina y que bien aplicado se convierte en una mejora continua.

A partir de la segunda parte, se aplicara la metodología *benchmarking*. Empezando por el pilar fundamental de esta herramienta, que consiste en analizar las mejores compañías y para ello se realizara un estudio de mercado, con algunas de las mejores empresas del sector.

Posteriormente, en el tercer apartado, se escogerá un modelo de atornillador y se estudiará en profundidad, es decir aplicaremos el concepto de ingeniería inversa. La selección y por lo tanto obtención de dicho modelo, ha sido una de las partes más determinantes del proyecto. Evidentemente, dicha elección condicionará el desarrollo del mismo. Por ello, previamente se han desensamblado varios modelos de los que se disponían, para asegurarse una elección idónea.

En la cuarta parte, se intentará mejorar el producto, en base a los componentes analizados que son susceptibles de mejora. Para finalizar con un pequeño estudio económico en el quinto apartado.

1. ¿Qué es el *benchmarking*?

1.1. Definiciones

Existen varias definiciones para el concepto *benchmarking*, pero todas ellas están relacionadas con la compañía norteamericana Xerox Corporation, porque fue quien empezó a aplicarlo en la década de los ochenta.

- Definición formal

Esta definición fue dada por el entonces director general de Xerox, David T. Kearns, días después de aplicar el sistema en la cadena de producción:

“Benchmarking es el proceso continuo de medir productos, servicios y prácticas contra los competidores más duros o aquellas compañías reconocidas como líderes en la industria.”

- Definición laboral

Robert C. Camp, quién trabajo en Xerox implementando esta técnica durante varios años y es un referente a nivel mundial en esta materia, lo definió como:

“Benchmarking es la búsqueda de las mejores prácticas de la industria que conducen a un desempeño excelente”.

- Definición general

La ultima definición, es la más convencional y fue aportada por Michael J. Spendolini, autor de un libro de referencia sobre la materia:

“Benchmarking es un proceso sistemático y continuo para evaluar los productos, servicios y procesos de trabajo de las organizaciones que son reconocidas como representantes de las mejores prácticas, con el propósito de realizar mejoras organizacionales”.

Por lo tanto, resumiendo las tres definiciones, se puede concluir que el *benchmarking* se trata de un proceso continuo, en el que se analizan los diferentes aspectos de un producto destacado, para intentar adoptar mejoras en nuestro proceso productivo.

1.2. Tipos de *benchmarking*

Existen a nivel empresarial varias divisiones y subdivisiones dentro del *benchmarking*, por ello a continuación se explicará la que más se ajusta al ámbito de este proyecto. Dentro de la clasificación más común, la referida al sujeto, encontramos tres divisiones:

- a) Interno
- b) Competitivo (aplicado en este proyecto)
- c) Genérico o funcional

a) Interno

Este tipo de *benchmarking* está enfocado a empresas con múltiples divisiones o internacionales, donde pueden existir funciones similares en diferentes campos. Por lo tanto, esas actividades similares en distintas localizaciones, departamentos, países, etc., se deben identificar analizando las diferencias entre los distintos procesos de trabajo. Es el inicio, donde se podrán encontrar los mejores procesos dentro de la organización.

b) Competitivo

Cuando hablamos de *benchmarking* como concepto, este tipo es el más conocido.

El objetivo principal es identificar la información específica de los productos, procesos y resultados comerciales de la competencia directa, comparándolos con los obtenidos en nuestra empresa.

De esta manera, el obtener información de la competencia, nos ayudará a entender cuáles son las ventajas y desventajas de nuestra organización. Obteniendo así la posición que ocupamos en el mercado.

c) Genérico o funcional

En este caso está orientado hacia funciones y procesos comunes para múltiples empresas, independientemente del ámbito industrial. Dichas empresas pueden ser competidoras entre sí o no.

Es decir, obtener las mejores prácticas de una empresa reconocida, en una actividad de un área específica determinada, como por ejemplo, marketing, recursos humanos, etc.

1.3. Metodología

Cualquier proceso de mejora, como es el que nos ocupa, conlleva una serie de pasos. En el caso del benchmarking, no existe un modelo específico de implantación y son varias las alternativas aportadas por algunos de los especialistas citados con anterioridad.

Por lo tanto, tras estudiar los diferentes planteamientos teóricos, se ha comprobado que el modelo propuesto por Michael J. Spendolini, se ajusta a la idea de este proyecto. Además es una de las metodologías más utilizadas.

En la siguiente figura puede verse, la cinco etapas que engloban este proceso.

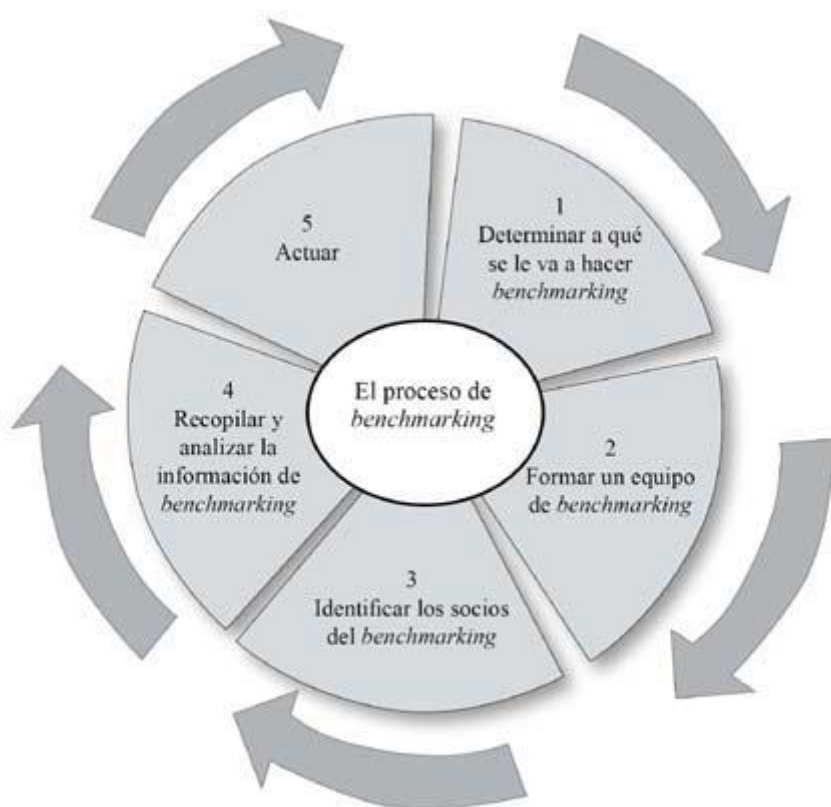


Figura 1: proceso de benchmarking según M.J. Spendolini.

1) Determinar a qué se la va a hacer *benchmarking*.

La primera etapa del proceso es identificar a los clientes para la información del benchmarking y sus necesidades, y definir los asuntos específicos a los cuales se les va a hacer el benchmarking. Definido esto, se procede a identificar y a asegurar los recursos necesarios (por ejemplo, tiempo, presupuesto, personal) para llevar a cabo una exitosa investigación.

2) Formar un equipo de *benchmarking*.

Aunque el benchmarking puede ser conducido por individuos, la mayor parte de los esfuerzos de benchmarking son actividades de equipo. El proceso de escoger, orientar y dirigir un equipo es la segunda etapa importante del proceso de benchmarking. Los papeles y las responsabilidades específicas se les asignan a los miembros del equipo. Se introducen herramientas de manejo de proyectos para garantizar que las tareas de benchmarking sean claras para todas las personas involucradas y para que las etapas clave del proyecto sean identificadas.

3) Identificar los socios del *benchmarking*.

La tercera etapa del proceso es identificar fuentes de información que se utilizan para recopilar la información de benchmarking. Estas fuentes son empleados de organizaciones en que se practica el benchmarking, asesores, analistas, fuentes gubernamentales, literatura de negocios y comercio, informes industriales y bases de datos computarizadas, por nombrar algunas. También se incluye en esta etapa el proceso de identificación de las mejores prácticas industriales.

4) Recopilar y analizar la información de *benchmarking*.

Durante esta etapa del proceso se seleccionan los métodos específicos de recopilación de información. Es importante que los responsables de esta actividad sean expertos en estos métodos. Se contactan los socios de benchmarking, y se recopila la información de acuerdo con el protocolo establecido, y luego se resume para hacer el análisis. La información se analiza de acuerdo a las necesidades del cliente original, y se producen recomendaciones para la acción.

5) Actuar.

Esta etapa del proceso está influenciada por las necesidades del cliente original y por los usos de la información del benchmarking. La acción que se realiza puede oscilar entre producir un solo informe o producir un conjunto de recomendaciones para la implementación real del cambio, basado, al menos en parte, en la información recopilada durante la investigación benchmarking. Se incluyen cualesquiera pasos siguientes o actividades apropiadas de seguimiento, incluyendo la continuación del proceso de benchmarking.

Podemos concluir que el *benchmarking* es:

- Una herramienta que sirve para mejorar cualquier proceso de negocio.
- Un proceso continuo que requiere disciplina.
- Un trabajo que requiere una inversión en el tiempo.
- Proporciona información muy valiosa, aprendiendo de los mejores.

Por lo tanto, el primer paso es: *determinar a qué se la va a hacer benchmarking*. En este caso, como es sabido, se realizará sobre un taladro atornillador.

Formar un equipo de benchmarking: sería interesante contar con miembros de diferentes disciplinas, para obtener información precisa sobre un producto existente en el mercado. Por eso el *benchmarking* en este proyecto, se centrará más en la parte eléctrica, ya que es mi especialidad. Es decir llevando esta práctica a la realidad, sería el responsable de la parte eléctrica dentro del equipo.

2. Estudio de mercado

La tercera etapa es *identificar los socios del benchmarking*, para así obtener información. La forma más directa de obtener información, es realizar un estudio de mercado.

Para ello se han analizado varios modelos, de diferentes marcas importantes del sector, con unas prestaciones similares al producto que se desea, como son:

- El taladro atornillador deberá ser ligero, para poder ser utilizado en pequeños trabajos de mampostería o trabajos de carpintería.
- La capacidad de taladrado deberá ser suficiente para realizar trabajos básicos en madera, mampostería o metal. Siendo este último material, el caso más desfavorable.
- Dispondrá de un control de par de apriete mecánico para, si es necesario, limitar la capacidad de atornillado. Igualmente tendrá que ser suficiente para la realización de los trabajos especificados.
- Se estudiarán productos sin cables, la tensión de la batería no será superior a 12V.
- Los modelos analizados estarán compuestos por el cuerpo del taladro, dos baterías, cargador de baterías y maletín de transporte.

Los precios pueden variar en función de múltiples factores: compra por internet, en tienda, descuentos puntuales... por ello se han intentado obtenerlos de los mismos lugares. Aunque es posible, que cuando este proyecto sea leído los precios no sean los mismos.

Finalmente, se realizaran unas pequeñas conclusiones de las diferentes especificaciones recogidas durante el análisis.

Makita

Taladro atornillador



Figura 2: taladro 6271DWAE

Química de la batería	Ni-Cd
Voltaje	12 V
Capacidad de la Batería	2,0 Ah
Par máximo [duro]	30 Nm
Par máximo [blando]	18 Nm
Velocidad sin carga	0-400 / 1.300 rpm
Velocidades mecánicas	Dos
Capacidad de portabrocas	0,8 - 10 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Madera]	25 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Metal]	10 mm
Peso	1,5 kg
Longitud	192 mm
Alto	240 mm
Anchura	95 mm
Tiempo de carga	30 min
Indicador estado de la batería	No
Luz LED	No
Precio	169,40 €

Makita

Taladro atornillador



Figura 3: taladro 6271DWPE3

Química de la batería	Ni-Cd
Voltaje	12 V
Capacidad de la Batería	1,3 Ah
Par máximo [duro]	30 Nm
Par máximo [blando]	18 Nm
Velocidad sin carga	0-400 / 1.300 rpm
Velocidades mecánicas	Dos
Capacidad de portabrocas	0,8 - 10 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Madera]	25 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Metal]	10 mm
Peso	1,5 kg
Longitud	192 mm
Alto	240 mm
Anchura	95 mm
Tiempo de carga	30 min
Indicador estado de la batería	No
Luz LED	No
Precio	182,40 €

Makita

Taladro atornillador



Figura 4: taladro 6261DWPE3

Química de la batería	Ni-Cd
Voltaje	9,6 V
Capacidad de la Batería	1,3 Ah
Par máximo [duro]	24 Nm
Par máximo [blando]	14 Nm
Velocidad sin carga	0-400 / 1.300 rpm
Velocidades mecánicas	Dos
Capacidad de portabrocas	0,8 - 10 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Madera]	21 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Metal]	10 mm
Peso	1,5 kg
Longitud	192 mm
Alto	240 mm
Anchura	95 mm
Tiempo de carga	30 min
Indicador estado de la batería	No
Luz LED	No
Precio	177,15 €

Makita

Taladro atornillador



Figura 5: taladro DF030DWE3

Química de la batería	Li-ion
Voltaje	10,8 V
Capacidad de la Batería	1,3 Ah
Par máximo [duro]	24 Nm
Par máximo [blando]	14 Nm
Velocidad sin carga	0-350 / 1.300 rpm
Velocidades mecánicas	Dos
Capacidad de portabrocas	0,8 - 10 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Madera]	21 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Metal]	10 mm
Peso	0,9 kg
Longitud	157 mm
Alto	183 mm
Anchura	53 mm
Tiempo de carga	50 min
Indicador estado de la batería	No
Luz LED	Sí
Precio	183,10 €

Makita

Taladro atornillador



Figura 6: taladro DF330DWE3

Química de la batería	Li-ion
Voltaje	10,8 V
Capacidad de la Batería	1,3 Ah
Par máximo [duro]	24 Nm
Par máximo [blando]	14 Nm
Velocidad sin carga	0-350 / 1.300 rpm
Velocidades mecánicas	Dos
Capacidad de portabrocas	1,0 - 10 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Madera]	21 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Metal]	10 mm
Peso	1,0 kg
Longitud	189 mm
Alto	183 mm
Anchura	53 mm
Tiempo de carga	50 min
Indicador estado de la batería	No
Luz LED	Sí
Precio	170,61 €

Makita

Taladro atornillador



Figura 7: taladro DF330DWX01

Química de la batería	Li-ion
Voltaje	10,8 V
Capacidad de la Batería	1,3 Ah
Par máximo [duro]	24 Nm
Par máximo [blando]	14 Nm
Velocidad sin carga	0-350 / 1.300 rpm
Velocidades mecánicas	Dos
Capacidad de portabrocas	1,0 - 10 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Madera]	21 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Metal]	10 mm
Peso	0,9 kg
Longitud	189 mm
Alto	183 mm
Anchura	53 mm
Tiempo de carga	50 min
Indicador estado de la batería	No
Luz LED	Sí
Precio	159,25 €

AEG

Taladro-atornillador



Figura 8: taladro BS 12G

Química de la batería	Ni-Cd
Voltaje	12 V
Capacidad de la batería	1,4 Ah
Par máximo [duro]	30 Nm
Par máximo [blando]	-----
Velocidad sin carga	0-350 / 1.500 rpm
Velocidades mecánicas	Dos
Capacidad de portabrocas	1,5 - 10 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Madera]	30 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Metal]	10 mm
Peso	1,6 kg
Longitud	-----
Alto	186 mm
Anchura	-----
Tiempo de carga	60 min
Indicador estado de la batería	No
Luz LED	No
Precio	177,62 €

AEG

Taladro-atornillador



Figura 9: taladro BSB 12G

Química de la batería	Ni-Cd
Voltaje	12 V
Capacidad de la batería	1,4 Ah
Par máximo [duro]	30 Nm
Par máximo [blando]	-----
Velocidad sin carga	0-350 / 1.500 rpm
Velocidades mecánicas	Dos
Capacidad de portabrocas	1,5 - 10 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Madera]	30 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Metal]	10 mm
Peso	1,7 kg
Longitud	-----
Alto	186 mm
Anchura	-----
Tiempo de carga	60 min
Indicador estado de la batería	No
Luz LED	No
Precio	195,65 €

AEG

Taladro-atornillador



Figura 10: taladro BS 12C (IQ)

Química de la batería	Li-ion
Voltaje	12 V
Capacidad de la batería	1,5 Ah
Par máximo [duro]	25 Nm
Par máximo [blando]	-----
Velocidad sin carga	0-575 rpm
Velocidades mecánicas	-----
Capacidad de portabrocas	1,5 - 10 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Madera]	20 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Metal]	10 mm
Peso	1,1 kg
Longitud	-----
Alto	165 mm
Anchura	-----
Tiempo de carga	30 min
Indicador estado de la batería	No
Luz LED	Si
Precio	149,90 €

AEG

Taladro-atornillador



Figura 11: taladro BS 12C2 LI

Química de la batería	Li-ion
Voltaje	12 V
Capacidad de la batería	1,5 Ah
Par máximo [duro]	34 Nm
Par máximo [blando]	-----
Velocidad sin carga	0-350 / 1.500 rpm
Velocidades mecánicas	Dos
Capacidad de portabrocas	1,5 - 10 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Madera]	20 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Metal]	10 mm
Peso	1,1 kg
Longitud	-----
Alto	168 mm
Anchura	-----
Tiempo de carga	30 min
Indicador estado de la batería	No
Luz LED	Si
Precio	182,39 €

HITACHI

Taladro-atornillador



Figura 12: taladro DS12DVC

Química de la batería	Ni-Cd
Voltaje	12 V
Capacidad de la batería	1,2 Ah
Par máximo [duro]	24 Nm
Par máximo [blando]	-----
Velocidad sin carga	0-350 / 1.400 rpm
Velocidades mecánicas	Dos
Capacidad de portabrocas	1,0 - 10 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Madera]	25 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Metal]	12 mm
Peso	1,4 kg
Longitud	-----
Alto	191 mm
Anchura	-----
Tiempo de carga	50 min
Indicador estado de la batería	No
Luz LED	No
Precio	161,35 €

HITACHI

Taladro-atornillador



Figura 13: taladro DS12DVF3

Química de la batería	Ni-Cd
Voltaje	12 V
Capacidad de la batería	1,5 Ah
Par máximo [duro]	26 Nm
Par máximo [blando]	-----
Velocidad sin carga	0-450 / 1.050 rpm
Velocidades mecánicas	Dos
Capacidad de portabrocas	1,0 - 10 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Madera]	25 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Metal]	12 mm
Peso	1,6 kg
Longitud	-----
Alto	198 mm
Anchura	-----
Tiempo de carga	40 min
Indicador estado de la batería	No
Luz LED	No
Precio	194,16 €

HITACHI

Taladro-atornillador



Figura 14: taladro DB10DL

Química de la batería	Li-ion
Voltaje	10,8 V
Capacidad de la batería	1,5 Ah
Par máximo [duro]	24,7 Nm
Par máximo [blando]	-----
Velocidad sin carga	0-400 / 1.400 rpm
Velocidades mecánicas	Dos
Capacidad de portabrocas	1,0 - 10 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Madera]	28 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Metal]	6 mm
Peso	0,8 kg
Longitud	-----
Alto	147 mm
Anchura	-----
Tiempo de carga	40 min
Indicador estado de la batería	No
Luz LED	SI
Precio	208,12 €

HITACHI

Taladro-atornillador



Figura 15: taladro DS10DFL

Química de la batería	Li-ion
Voltaje	10,8 V
Capacidad de la batería	1,5 Ah
Par máximo [duro]	27 Nm
Par máximo [blando]	-----
Velocidad sin carga	0-300 / 1.500 rpm
Velocidades mecánicas	Dos
Capacidad de portabrocas	1,0 - 10 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Madera]	27 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Metal]	10 mm
Peso	1,0 kg
Longitud	-----
Alto	188 mm
Anchura	-----
Tiempo de carga	40 min
Indicador estado de la batería	No
Luz LED	No
Precio	177,62 €



Atornillador / taladrador



Figura 16: taladro GSR 12-2 Pro.

Química de la batería	Ni-Cd
Voltaje	12 V
Capacidad de la batería	1,5 Ah
Par máximo [duro]	27 Nm
Par máximo [blando]	11 Nm
Velocidad sin carga	0-400 / 1.200 rpm
Velocidades mecánicas	Dos
Capacidad de portabrocas	1,0 - 10 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Madera]	23 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Metal]	12 mm
Peso	1,6 kg
Longitud	-----
Alto	198 mm
Anchura	-----
Tiempo de carga	60 min
Indicador estado de la batería	No
Luz LED	No
Precio	186,34 €



Atornillador / taladrador



Figura 17: taladro GSB 9,6-2 Pro.

Química de la batería	Ni-Cd
Voltaje	9,6 V
Capacidad de la batería	1,5 Ah
Par máximo [duro]	25 Nm
Par máximo [blando]	10 Nm
Velocidad sin carga	0-400 / 1.000 rpm
Velocidades mecánicas	Dos
Capacidad de portabrocas	1,0 - 10 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Madera]	20 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Metal]	13 mm
Peso	1,5 kg
Longitud	-----
Alto	186 mm
Anchura	-----
Tiempo de carga	60 min
Indicador estado de la batería	No
Luz LED	No
Precio	194,16 €



Atornillador / taladrador



Figura 18: taladro GSR 10,8-2-LI Pro.

Química de la batería	Li-ion
Voltaje	10,8 V
Capacidad de la Batería	2,0 Ah
Par máximo [duro]	30 Nm
Par máximo [blando]	15 Nm
Velocidad sin carga	0-400 / 1.300 rpm
Velocidades mecánicas	Dos
Capacidad de portabrocas	1,0 - 10 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Madera]	19 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Metal]	10 mm
Peso	0,95 kg
Longitud	169 mm
Alto	178 mm
Anchura	-----
Tiempo de carga	30 min
Indicador estado de la batería	Si
Luz LED	Si
Precio	252,89 €



Atornillador / taladrador



Figura 19: taladro GSR 10,8-LI Pro.

Química de la batería	Li-ion
Voltaje	10,8 V
Capacidad de la Batería	2,0 Ah
Par máximo [duro]	30 Nm
Par máximo [blando]	25 Nm
Velocidad sin carga	0-350/1.300 rpm
Velocidades mecánicas	Dos
Capacidad de portabrocas	1,0 - 7 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Madera]	19 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Metal]	10 mm
Peso	0,8 kg
Longitud	143 mm
Alto	178 mm
Anchura	-----
Tiempo de carga	30 min
Indicador estado de la batería	No
Luz LED	Si
Precio	228,69 €



Taladro atornillador



Figura 20: taladro DCD710S2

Química de la batería	Li-ion
Voltaje	10,8 V
Capacidad de la Batería	1,5 Ah
Par máximo [duro]	24 Nm
Par máximo [blando]	15 Nm
Velocidad sin carga	0-400 / 1.500 rpm
Velocidades mecánicas	Dos
Capacidad de portabrocas	1,5 - 10 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Madera]	20 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Metal]	10 mm
Peso	1,1 kg
Longitud	185 mm
Alto	195 mm
Anchura	50 mm
Tiempo de carga	60 min
Indicador estado de la batería	No
Luz LED	Si
Precio	244,15 €



Taladro atornillador



Figura 21: taladro DCK211S2

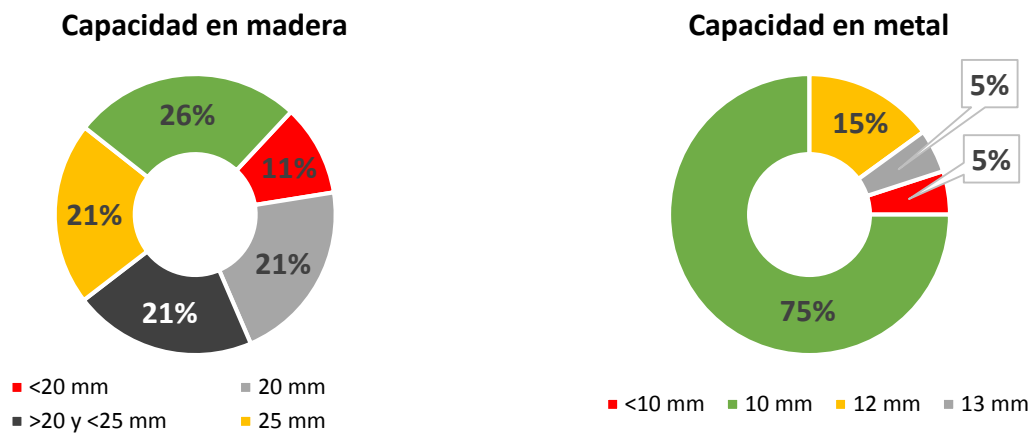
Química de la batería	Li-ion
Voltaje	12 V
Capacidad de la Batería	1,5 Ah
Par máximo [duro]	38 Nm
Par máximo [blando]	22 Nm
Velocidad sin carga	0-400 / 1.350 rpm
Velocidades mecánicas	Dos
Capacidad de portabrocas	1,0 - 13 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Madera]	30 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Metal]	10 mm
Peso	1,6 kg
Longitud	228 mm
Alto	220 mm
Anchura	55 mm
Tiempo de carga	60 mm
Indicador estado de la batería	No
Luz LED	Si
Precio	239,15 €

2.1. Conclusiones

Una vez realizado el estudio de mercado, mediante esta especie de catálogo. Se ha procesado toda la información recopilada, desglosando los aspectos comunes más importantes para el diseño del producto.

➤ Características relacionadas con el taladrado:

La profundidad de perforación que pueden dar los diferentes modelos, puede verse en los siguientes gráficos. Vemos que para la madera, aunque los valores son muy diferentes, casi todos tienen una capacidad superior o igual a 20 mm. En el caso del metal, casi podíamos afirmar que la profundidad media es 10 mm.

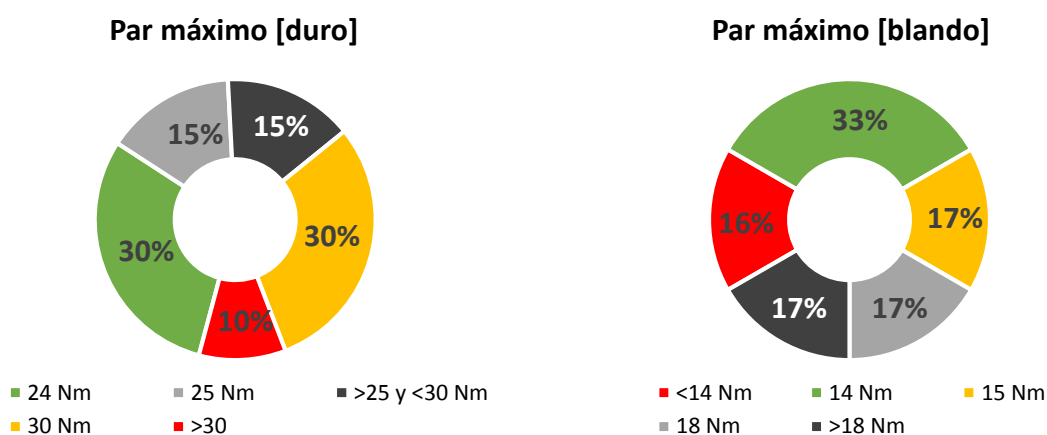


➤ **Características relacionadas con la velocidad:**

El 95 % de los modelos analizados tienen dos velocidades mecánicas, es decir, mediante un selector se produce una reducción en la velocidad, modificando el par final. Estas velocidades están comprendidas, en los modelos estudiados, en un rango de 0-350/ 0-400 rpm para la velocidad baja y 0-1.300/0-1.500 rpm para la velocidad alta. Siendo la velocidad 0-400 la más utilizada en el caso de la baja y en la alta 1.300 rpm. Todos los modelos analizados permiten el giro en ambos sentidos.

➤ **Características relacionadas con el atornillado:**

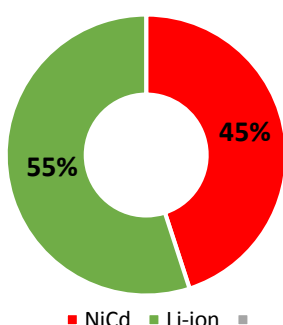
Todos los modelos analizados llevan un regulador del nivel del par de apriete, pero lamentablemente la gran mayoría de los fabricantes no incorporan en sus catálogos la información relativa a la regulación de dichos niveles. Como puede observarse en los gráficos, el par máximo para la primera velocidad en este tipo de taladros, está entre los 24 y los 30 Nm. Mientras que el par máximo para la segunda velocidad, no aportado por todos los fabricantes, está entre los 14 Nm y los 18 Nm.



➤ **Características relacionadas con la batería:**

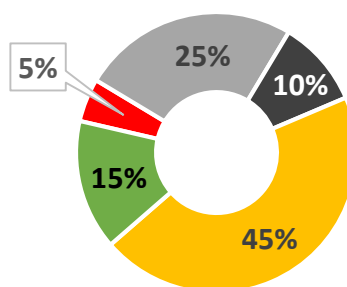
Como muestra el primero de los gráficos que puede verse a continuación y es la tendencia habitual dentro del ámbito de las baterías, se utiliza un porcentaje mayor de Li-ion. Además se observa que muy pocos modelos tienen indicador del estado de las baterías.

Tipo de la batería



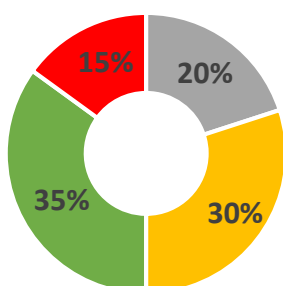
■ NiCd ■ Li-ion

Capacidad de la batería



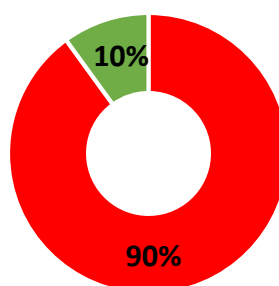
■ 1,2 Ah ■ 1,3 Ah ■ 1,4 Ah ■ 1,5 Ah ■ 2,0 Ah

Tiempo de carga



■ 30 min ■ 40 min ■ 50 min ■ 60 min

Indicador estado batería



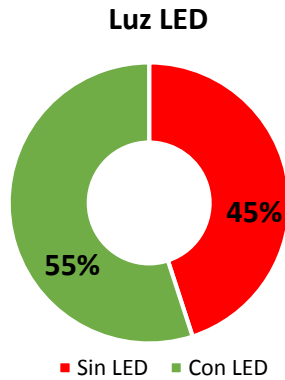
■ Sin indicador ■ Con indicador

El tiempo de carga nos da una idea aproximada de la corriente de carga a la que están sometidas las baterías. Es decir, si un modelo tiene una capacidad de 2,0 Ah y tarda 30 minutos en recargarse, estará sometido a una intensidad durante la carga de:

$$I = \frac{2,0 \text{ Ah}}{0,5} = 4 \text{ A}$$

Esta intensidad de corriente calculada, corresponde a algunos de los de los taladros estudiados, en el resto de modelos la intensidad será inferior.

➤ **Otras características importantes:**



- El precio medio del producto es 191,70 €.
- El peso medio es de 1,26 Kg.

En conclusión, mediante el uso de los gráficos expuestos y la información analizada, se pueden comenzar a intuir las características de partida que tendrá el nuevo diseño:

- Capacidad de taladro en madera de 20 mm.
- Capacidad de taladro en metal de 10 mm.
- Par máximo [duro]: entre 24 y 30 Nm.
- Par máximo [blando]: entre 14 Nm y 18 Nm.
- Batería de Li-Ion
- Una capacidad de la batería de 1,5 Ah.
- Luz LED, para mejorar el punto de trabajo.
- Indicador del estado de la batería.

3. Análisis del producto

Una vez realizado el estudio de mercado y gracias a las conclusiones obtenidas anteriormente, se deberá seleccionar uno de los taladros para así poder realizar sobre él un análisis exhaustivo, ingeniería inversa.

El concepto de ingeniería inversa, llamado así porque, va en la dirección opuesta a la ingeniería convencional. Es decir, obtenemos información técnica del diseño sometido a estudio de forma directa, analizando cómo ha sido creado. Actualmente, este método se emplea con cierta normalidad en el desarrollo de equipos electrónicos y software, principalmente.

Evidentemente, para realizar el análisis es necesario disponer de uno de los modelos para poder desensamblar todas sus partes. Así de esta forma, se podrán generar planos específicos de los diferentes componentes del taladro y determinar en profundidad sus características técnicas.

En una etapa inicial del análisis, se realizó una búsqueda de los diferentes modelos incluidos en el estudio de mercado, para poder determinar cuál era el más idóneo. Después de algunos descartes y un pequeño despiece de varios de ellos, se ha seleccionado el taladro AEG BS 12C (IQ).

Este taladro, ha sido escogido porque afortunadamente, se disponen de dos unidades idénticas, proporcionadas por una empresa que se dedica a realizar pequeños trabajos de bricolaje. En la empresa, este modelo es utilizado cuando las tareas requieren un par de atornillado bajo o en lugares de difícil acceso. También es utilizado como taladro, aprovechando la posibilidad de cambio de giro, para hacer una rosca con su correspondiente macho. Por lo tanto, uno de ellos se utilizará para aplicar la ingeniería inversa, sin importar los daños que pueda sufrir el aparato y el otro quedará para otros posibles análisis.

A lo largo del análisis, se profundizará en las siguientes partes:

- Motor.
- Portabrocas.
- Baterías.

3.1. Motor

Como este proyecto tiene un carácter marcadamente eléctrico, el motor será el componente que tendrá un análisis más completo.

El estudio del motor, está estructurado de la siguiente manera:

- Características técnicas:

Se intentará determinar todos los datos del motor: medidas constructivas, par, fabricante, precio...

- Modelización FEMM:

Para poder implementar mejoras en el motor se realizará una simulación.

- Conclusiones:

Dentro del proceso de realimentación que supone el *benchmarking*, son necesarias unas pequeñas conclusiones en cada apartado para su posterior actuación.

3.1.1. Características técnicas

Para poder acceder al motor del taladro es necesario desmontar las dos carcasas del motor y la tapa trasera, como puede verse en la figura:



Figura 22: primer despiece del taladro.

Para poder extraer el motor, se deben primero desconectar los polos, positivo y negativo, del circuito impreso que controla el gatillo.

En este tipo de taladro el mandril y el motor son solidarios. Una pieza circular de plástico, está fijada al motor con dos tornillos de métrica tres, como puede verse en la parte de la derecha de la figura 23.

Además dicha pieza dispone de dos muescas de posición, con dos agujeros pasantes debajo de ellas. De esta manera utilizando dos pasadores, de 36 mm de longitud y 3 mm de diámetro, el motor y el portabrocas quedan acoplados.



Figura 23: conjunto motor-portabrocas.

Una vez hemos extraído del motor la pieza encargada de unir el mandril con el motor, con ayuda de un calibre podemos comenzar a tomar medidas que nos servirán para poder identificar mejor el motor.

Como puede apreciarse en la parte inferior de la figura 24, se trata de un motor de la casa Johnson Electric. Esta empresa dispone de un amplio catálogo de motores de corriente continua, para aplicaciones similares a la estudiada. Por lo tanto, para poder obtener la información de la casa comercial es necesario ser muy preciso en la obtención de las dimensiones. De esta manera, descartaremos los motores que no tiene la misma tensión que el analizado.

Medidas obtenidas:

Longitud total: 75 mm

Longitud carcasa: 57 mm

Diámetro de motor: 36 mm

Diámetro del eje: 3 mm



Figura 24: tomando medidas del motor.

Con estas características, ha sido posible localizar el modelo en el catálogo de motores de Johnson Electric. En la información del fabricante, mostrada en la siguiente página, se puede observar que efectivamente las medidas coinciden y además en la parte de ejemplos de aplicación, aparece reflejado el uso en taladros y atornilladores.

Characteristics:

High Power Density, High Reliability

Specifications:

Dimensions	: Ø 35.8 X 57.0 mm
Shaft Diameter	: Ø 3.175 mm
Input Voltage	: 12.0 V DC
No Load Speed	: 21614 rpm
Stall Torque	: 597.24 mNm
Maximum Output Power	: 338.09 W
Maximum Efficiency	: 78 %
Weight	: 245 g
Operation Temperature	: -10 to 50 °C
Storage Temperature	: -20 to 80 °C
Electrical Connection	: Terminal

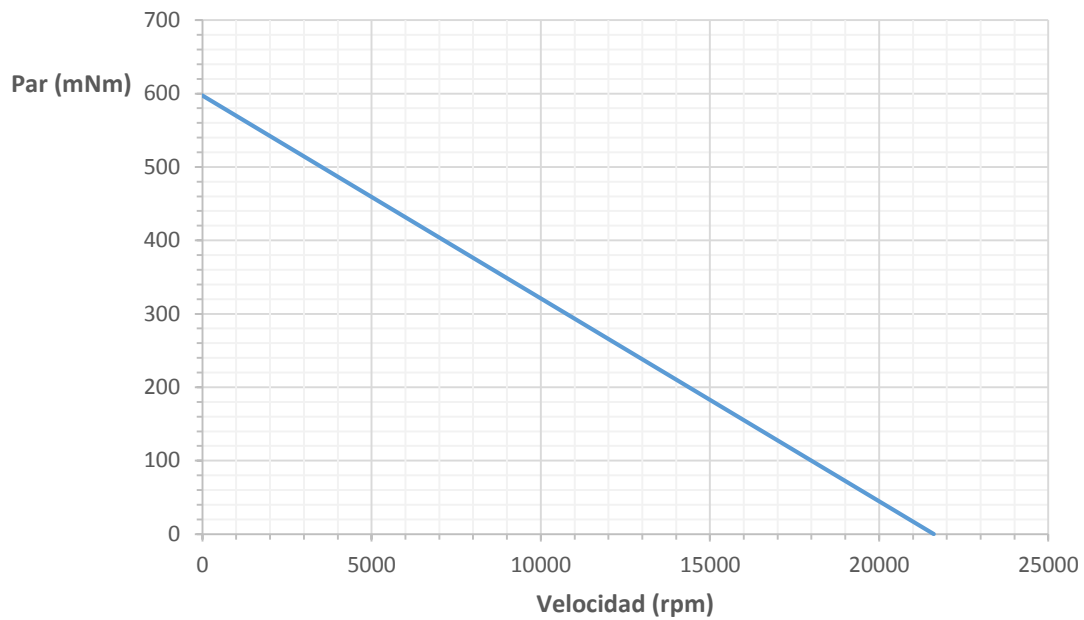
**Performance Data:**

	No Load	Stall	Max Efficiency	Max Power
Current (A)	1.52	116.14	13.29	58.83
Efficiency (%)	-	-	78	48
Output Power (W)	-	-	124.58	338.09
Speed (rpm)	21614	-	19395	10807
Torque (mNm)	-	597.24	61.31	298.62

Application Examples:

Drills, Screw Drivers

Con los datos facilitados por el fabricante, podemos calcular teóricamente las constantes del motor y la curva par-velocidad:



Gráfica 1: curva de par-velocidad del motor

$$M_0 = 597,24 \text{ mNm} ; \omega_0 = 21614 \text{ rpm}$$

Constante de par

$$\omega_0 = \frac{U}{k} \Rightarrow k = \frac{U}{\omega_0} = \frac{12}{\frac{2\pi}{60} 21614} = 0,0053$$

$$k = 0,0053 \text{ Vs/rad}$$

Resistencia del motor

$$M_0 = \frac{k \cdot U}{R} \Rightarrow R = \frac{k \cdot U}{M_0} = \frac{0,0053 \cdot 12}{597,24 \cdot 10^{-3}} = 0,1065$$

$$R = 0,1065 \text{ } \Omega$$

Disponemos de muchos datos técnicos del motor, pero aún es necesario conocer más para poder modelarlo. Por lo tanto, es necesario extraer el rotor y así obtener sus características.

La extracción del rotor es complicada, ya que va encapsulado y se ha intentado dañar lo menos posible el motor. Para ello, se han realizado unos pequeños cortes con una sierra en la parte posterior, para apalancar con suavidad posteriormente.

Una vez realizado esto, tenemos las dos partes del motor, rotor y estator. Ahora ya podemos afirmar claramente que es un motor de corriente continua de imanes permanentes, compuesto por:

- Dos polos.

- Escobillas.

- Tres devanados.

- Ventilador acoplado al eje.

La estructura del rotor tiene una longitud de 30 mm y está compuesta por 86 láminas. Analizando materiales comerciales, podemos determinar que se trata de chapa magnética M19 de 0,35 mm de espesor.



Figura 25: despiece del rotor.

Es necesario conocer la configuración exacta del bobinado, pero intentando dañar la estructura del rotor lo menos posible. La forma más segura y menos agresiva, ha sido exponer el rotor a una temperatura de 180 °C durante varios periodos de cinco minutos. De esta forma el pegamento con el que estaba fijado el ventilador y la resina aplicada sobre el bobinado, se han reblandecido. Como puede verse en la parte izquierda de la figura 26 (*compárese con la parte final de la figura de la página anterior*). Posteriormente se ha soltado una de los bobinados de su correspondiente delga, para determinar el número de vueltas.



Figura 26: análisis del bobinado.

En conclusión, podemos asegurar que se trata de un devanado con tres bobinas, con veinte espiras y realizado con hilo de cobre esmaltado de 0,8 mm de diámetro.

3.1.2. Modelización FEMM

Una vez analizado en profundidad el motor, anotando las diferentes medidas, se ha realizado un corte del motor para poder realizar una simulación en un programa de elementos finitos (FEMM). El modelado del motor, tiene como objetivo poder estudiar las posibles mejoras constructivas a realizar.

En la figura de la derecha, puede observarse la simulación realizada con el mencionado programa. En las dos imágenes, el motor únicamente tiene la inducción magnética producida por los imanes.

La parte superior de la figura muestra la densidad de flujo y también las características de las diferentes partes constructivas del motor.

En la parte inferior, se puede observar con detalle, la distribución de las líneas de campo magnético.

De esta manera, hemos podido comprobar que la orientación de los imanes es correcta y por lo tanto ahora podremos inyectar corriente en las bobinas.

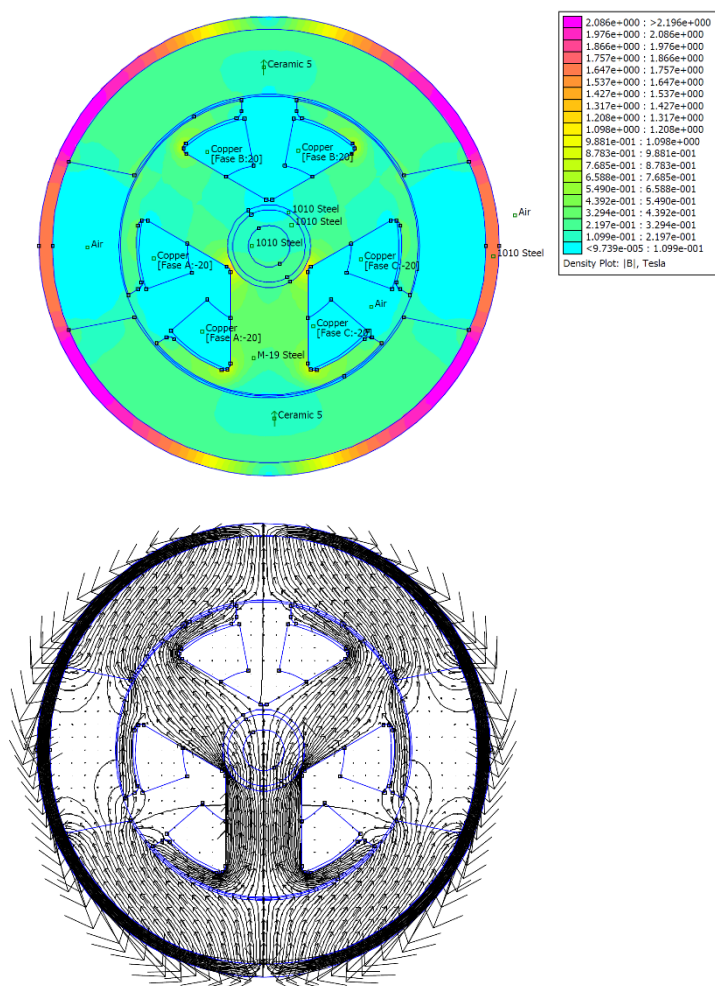


Figura 27: simulación con FEMM.

Una vez comprobado la orientación, intentaremos obtener los datos aportados por el fabricante en el catálogo del motor. Por lo tanto, la simulación se ha realizado con las características correspondientes al máximo rendimiento, es decir 13,29 A que deberían corresponder con un par de 61,31 mNm.

Conviene explicar que estos 13,29 A corresponde a una intensidad entre delgas y debido a que es un bobinado en serie, por cada bobina atravesarán la mitad. Por tanto, la intensidad de corriente en las tres bobinas será 6,645 A.

Al ser un motor de tres bobinas, debería obtenerse la secuencia conmutación de las mismas en función de la posición del motor y de las delgas. Por este motivo, solo se muestran el valor en un punto.

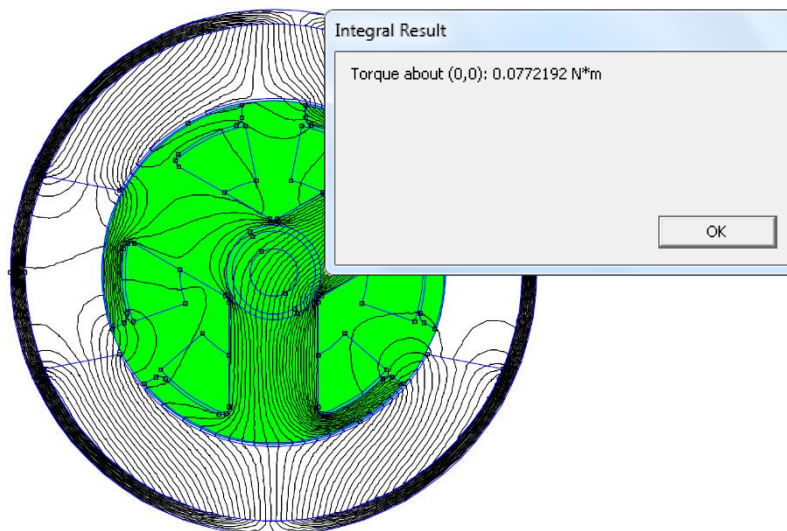


Figura 28: obtención del par teórico mediante FEMM.

Como vemos en la figura 28, el valor del par máximo obtenido mediante simulación, está ligeramente por encima 77,22 mNm. Tiene que tenerse en cuenta, que la simulación no tiene en cuenta las posibles pérdidas por rozamiento, mecánicas...

3.1.3. Conclusiones

Hasta hace poco los motores utilizados en los taladros y atornilladores eléctricos eran motores universales debido a que se alimentaban de la red monofásica. La introducción de las baterías, además de mejorar el manejo y el transporte, han conllevado el uso de motores de corriente continua con imanes, los cuales tienen mejores características que los universales, son más ligeros y más eficientes.

En un principio, se pensó en la posibilidad de implementar otro tipo de motor eléctrico, como un motor de corriente continua sin escobillas (Brushless DC electric motor) o un motor de reluctancia autoconmutados (Switched Reluctance motor). Pero debido a que estos motores para su funcionamiento requieren de: un convertidor electrónico de potencia, unos sensores de posición/velocidad y un sistema de control. Se ha descartado esta opción, ya que no se podía competir en simplicidad y precio con el motor de corriente continua que viene instalado en el taladro.

Es interesante destacar, que aunque AEG es una gran marca confía el desarrollo de uno de los componentes más importantes del taladro a una empresa externa, es este caso Johnson Electric. No debe extrañarnos, ya que esta empresa fundada hacen más de cincuenta años en Hong Kong, es uno de los proveedores más grandes de motores, solenoides, microinterruptores, circuitos flexibles impresos y sistemas de control. Con una capacidad de producción anual de más de mil millones de unidades, y cumple con todos los estándares de calidad necesarios.

Este no es un hecho aislado, también ocurría con los modelos descartados para el análisis. Así por ejemplo, en el modelo *GSR 14,4-2 Professional* de Bosch, los motores son del fabricante Mabuchi Motor.

Por lo tanto, es evidente que se trata de una cuestión de costes, ya que dos grandes marcas como AEG y Bosch podrían realizar este componente, pero prefieren externalizarlo.

En lo referente al precio, una unidad del modelo de motor, oscila entre 1\$ y 20 \$, dependiendo del volumen del pedido. El caso más favorable encontrado, supone un coste de 3 \$, es decir unos 2,20 €, esto supone que el precio del motor es el 1,5 % del total. Como se exponía anteriormente, no merece la pena invertir esfuerzos en este componente, que por otra parte está muy optimizado.

3.2. Portabrocas

A continuación, se estudiará de forma mecánica cómo funciona el portabrocas o mandril. Pero para poder analizarlo en profundidad se necesita desmontar pieza a pieza el portabrocas.

El estudio del portabrocas, está estructurado de la siguiente manera:

- Características técnicas:

Se determinaran todos los datos de las diferentes partes mecánicas.

- Estudio mecánico:

Se intentará determinar la reducción existente entre la velocidad de salida del motor y la final obtenida en la punta del portabrocas.

- Conclusiones:

Nuevamente serán necesarias para su posterior actuación.

3.2.1. Características técnicas

Para poder obtener las diferentes características técnicas del portabracas, es necesario despiezarlo. Todo el portabrocas tiene un peso de 484 g, supone aproximadamente un 43 % del total.

Recordemos que en la página 24 de esta memoria, puede verse una imagen del conjunto motor-portabrocas, el cual será el punto desde el que se continuará.

No debemos olvidar, que el motor cuenta con un engranaje solidario a su eje de nueve dientes (figura 24).

Dicho engranaje es el *planeta* del sistema de engranajes planetarios o epicicloidal que componen el portabrocas, que puede verse en la parte izquierda de la figura de la parte inferior.

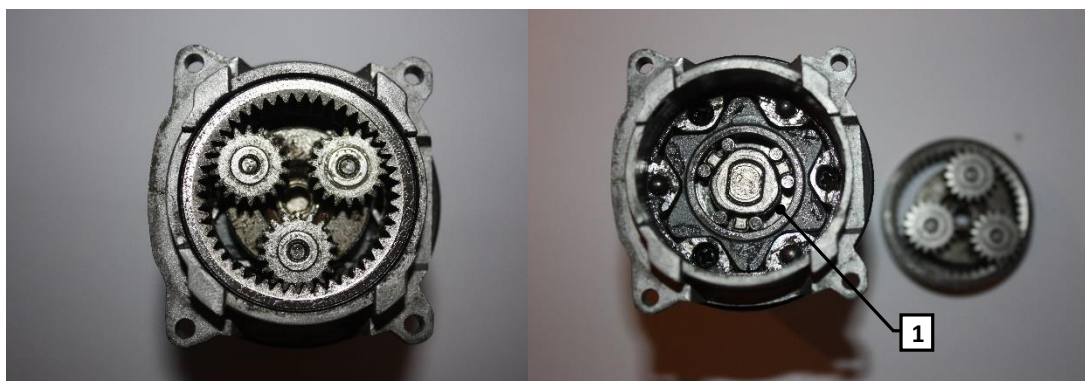


Figura 29: despiece del portabrocas.

Este sistema de engranajes está compuesto por:

Planeta: 9 dientes.

Satélites: 18 dientes.

Corona: 45 dientes.

Portasatélites.

En la parte de la derecha de la imagen, puede verse la extracción del tren de engranajes y las tres hendiduras (1) en las que engrana el *portasatélites*.

En la siguiente figura, puede verse con más detalle el *portasatélites* comentado en la página anterior, con sus correspondientes tres muescas (1), que penetran en las tres hendiduras dando continuidad al giro. Los *satélites* del sistema, se encuentran girados 360° respecto a su posición real, quedando debajo del *portasatélites* en la imagen.

Tomando como referencia la pieza con forma de sol, observaremos en la parte central una pieza que resulta ser un *nuevo planeta* (2).

Este *nuevo planeta*, se muestra en la parte final de la imagen, es la continuación del engranaje planetario pero invertido (véase la referencia sol) y consta también de nueve dientes. Por lo tanto, volvemos a tener una situación parecida a la inicial.

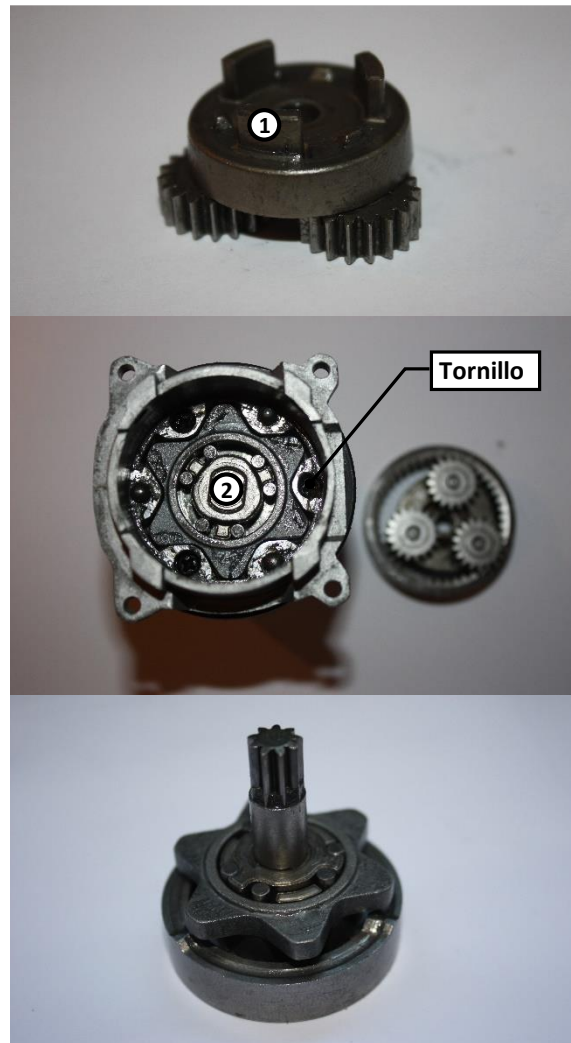


Figura 30: despiece engranaje planetario.

Es decir, desde la velocidad aportada por el motor, se ha producido una reducción mediante un primer engranaje planetario y ahora nuevamente se produce otra. Suponemos que el segundo engranaje planetario es de idénticas características al primero, ya que el *planeta* cuenta con el mismo número de dientes. Comprobémoslo.

Para conocer con exactitud las características del segundo engranaje planetario, es necesario extraer los tres tornillos que podían verse en la figura de la página anterior. De esta forma, la pieza de limitación del par quedara libre, puede observarse a continuación a la derecha de la figura.



Figura 31: despiece del segundo engranaje planetario.

Como puede verse a la izquierda de la imagen superior, la siguiente pieza va fijada con una grupilla al cabezal del portabrocas. Se extrae dicha grupilla con la ayuda de un alicate extractor quedando el portabrocas de la siguiente manera.

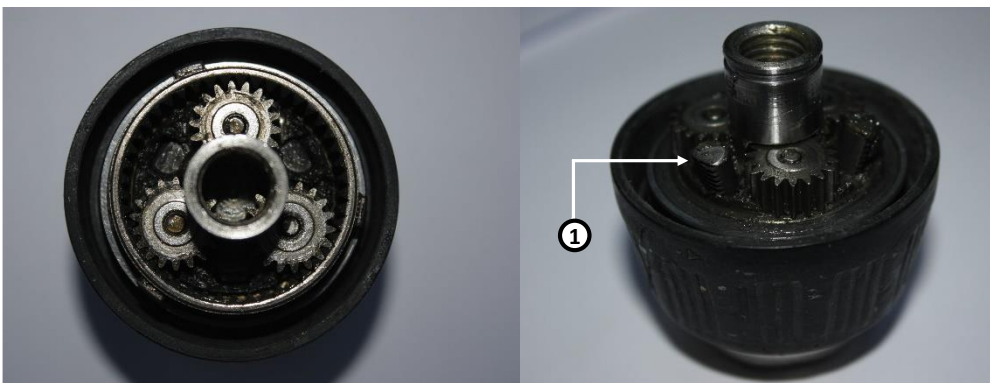


Figura 32: despiece final del engranaje planetario.

Como sospechábamos el engranaje planetario tiene la misma estructura: planeta con nueve dientes, satélites con dieciocho dientes y corona exterior con cuarenta cinco dientes.

Ha modo de curiosidad, en la figura 32, se puede observar la pinza de retención de la broca totalmente recogida (1).

3.2.2. Estudio mecánico

En este apartado intentará determinar la reducción existente entre la velocidad de salida del motor y la final obtenida en la punta del portabrocas.

En primer lugar, todo engranaje planetario tiene que cumplir con dos condiciones. La primera es que todos sus dientes tengan el mismo modulo, para que engranen. El módulo de un engranaje (m), se define como el cociente entre la medida del diámetro primitivo en milímetros y el número de dientes.

$$m = \frac{d}{Z}$$

$$m_C = \frac{35}{45} = 0,77 \text{ mm}$$

$$m_P = \frac{7}{9} = 0,77 \text{ mm}$$

$$m_S = \frac{14}{18} = 0,77 \text{ mm}$$

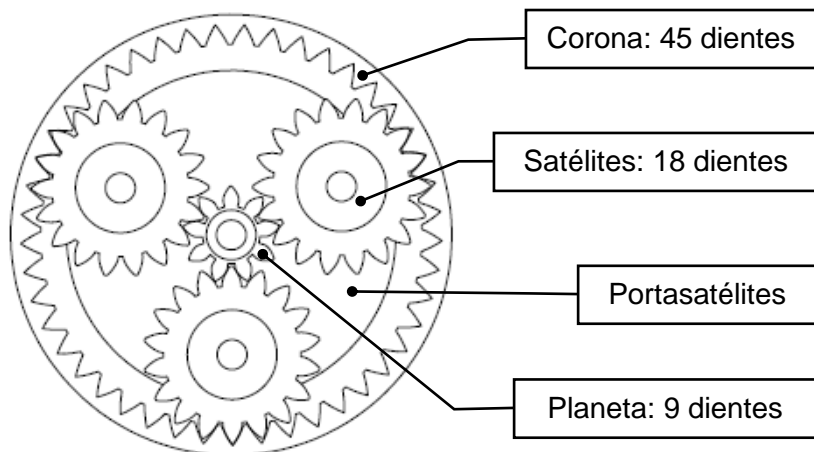
La segunda condición relaciona el número de dientes del conjunto. Es decir, el número de dientes de la corona (C), es igual al número de dientes en el engranaje central (P), más dos veces el número de dientes en los satélites (S).

$$C = P + 2 \cdot S$$

$$C = P + 2 \cdot S$$

$$45 = 9 + 2 \cdot 18$$

$$45 = 45$$



3.2.3. Conclusiones

La intención inicial de este apartado era, intentar mejorar el sistema de reducción de engranajes. Pero debido a la complejidad de cálculo no ha sido posible.

Con anterioridad, se ha comentado que el *benchmarking* es un trabajo de equipo. Por lo tanto, un ingeniero mecánico podría haber introducido alguna mejora en el portabrocas para aumentar el par final.

Aunque, en el mercado existen múltiples portabrocas compactos, no todos podrían implementarse, por elevadas dimensiones, que conlleva un peso excesivo... Si tenemos en cuenta, que en nuestro caso esta pieza supone un 43 % del peso total, la mejora podría encontrarse aquí. Intentar obtener unos engranajes con idénticas propiedades mecánicas, pero más ligeros.

3.3. Baterías

Finalmente, analizaremos el sistema de baterías y el cargador de las mismas. El procedimiento empleado será similar al utilizado en los apartados anteriores, desmontaremos pieza a pieza.

El estudio de las baterías, está estructurado de la siguiente manera:

- Características técnicas:

Se determinaran todos los parámetros de las diferentes partes de la batería.

- Normativa:

Se analizará la normativa existente referente a las baterías.

- Conclusiones:

Serán necesarias para su posterior actuación.

3.3.1. Características técnicas

Lógicamente, las baterías son recargables ya que poseen varias celdas secundarias que pueden ser recargadas. Es decir, pueden revertir sus reacciones químicas mediante el suministro de energía eléctrica a la celda, hasta el restablecimiento de su composición original.

La batería de este modelo de atornillador, como se ha comentado anteriormente, es de iones de Litio con una tensión de 12 V y una capacidad de carga de 1,5 Ah. Toda esta información puede visualizarse en la imagen de la derecha, pero vamos a intentar obtener más información, a fin de conocer el acumulador en profundidad. Todo el conjunto de la batería tiene un peso de 191 g, supone el 17,1% del total.



Figura 33: características de la batería.

Desensamblando la carcasa exterior, y posteriormente las celdas que se encuentran en su interior. En una primer análisis podemos determinar de forma aproximada, que son tres pilas de 4 V cada una en serie, de esta manera la tensión final son 12 V.



Figura 34: configuración de las batería

En el exterior de las celdas, figura un número de referencia de producto, la marca y el lugar de fabricación. Por lo tanto realizando una búsqueda se encuentra el catalogo y el modelo exacto de celdas que se muestra en la siguiente página.

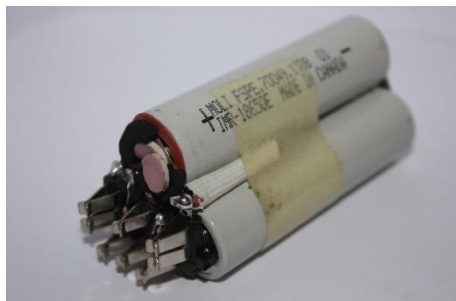


Figura 35: celdas de la batería.



Figura 36: celdas cilíndrica MOLICEL®
IMR-18650E

ESPECIFICACIONES DE LA CELDA	
Capacidad (Nominal)	1,5 Ah
Tensión nominal	3,8 V
Energía	5,32 Wh
Tamaño (mm)	18,24 x 65 mm
Peso	42 gramos
Resistencia de la celda (DC)	32 ohms
Densidad de energía	
Volumétrica	315 Wh/l
Gravimétrica	126 Wh/kg
ESPECIFICACIONES DE TRABAJO	
Tensión de trabajo	4,2 V a 2,5 V
Tensión de carga	4,2 V \pm 50 mV
Rango de temperatura	
Descargada	-20°C V a 60 °C
Cargada	0°C V a 45 °C
Descarga máxima	20 A
Carga máxima	6,5 A
ESPECIFICACIONES DE ALMACENAJE	
Rango de temperatura	
Recomendado <25°C para periodos largos	-20°C V a 60 °C
Rango recomendado de tensión	4,2 V a 2,5 V

Los datos específicos de las celdas, están extraídos del catálogo del fabricante, Molicel. Las características que pueden ser cuantificadas fácilmente coinciden, es decir: dimensiones, peso, tensión... por lo tanto como el número de referencia es idéntico damos por buenos el resto de datos.

3.3.2. Normativa

Los sistemas de alimentación de un taladro, están actualmente sujetos a varias normativas, tanto nacionales, como comunitarias. En concreto, el Real decreto 106/2008 y las Directivas Europeas 2002/96/CE y 2006/66/CE.

A continuación, se recogen algunos de los puntos más importantes, de forma abreviada.

Según el *REAL DECRETO 106/2008, de 1 de febrero, sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos*, el sistema de alimentación de un taladro está sujeto a la siguiente definición:

“Pila o acumulador portátil: cualquier pila, pila botón, acumulador o batería que esté precintado, pueda llevarse en la mano y no sea industrial ni de automoción, tales como, por ejemplo, las pilas botón y estándar, y los acumuladores utilizados en teléfonos móviles, videocámaras, luces de emergencia y herramientas portátiles.”

En cuanto a los fabricantes, la *DIRECTIVA 2006/66/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 6 de septiembre de 2006, relativa a las pilas y acumuladores y sus residuos*, expone en su artículo 11, *Extracción de los residuos de pilas y acumuladores*, que:

“Los Estados miembros velarán por que los fabricantes desarrollen aparatos de los que se puedan extraer fácilmente los residuos de pilas y acumuladores. Los aparatos que lleven incorporados pilas o acumuladores deberán ir acompañados de instrucciones que muestren cómo realizar la extracción de forma segura y, si procede, informen al usuario final de la clase de pilas y acumuladores incorporados. Estas disposiciones no se aplicarán cuando, por razones de seguridad, rendimiento, de orden médico o de mantenimiento de datos, la continuidad de la alimentación de la energía sea necesaria y requiera una conexión permanente entre el aparato y la pila o acumulador.”

En lo referente a la Recogida, tratamiento y reciclaje el *REAL DECRETO 106/2008* en su capítulo IV, establece que:

“En el caso de los puntos de recogida selectiva ubicados en los establecimientos de los distribuidores...”, “estarán obligados a aceptar el retorno de las pilas y acumuladores portátiles usados sin cargo alguno para sus poseedores o usuarios finales, y tampoco podrán exigir a estos la compra o adquisición de pilas o acumuladores portátiles nuevos.”

Y por parte de la Directiva Europea 2006/66/CE,

“Los Estados miembros prohibirán la eliminación en vertederos terrestres o la incineración de residuos de pilas y acumuladores industriales y de automoción. No obstante, los residuos de cualquier tipo de pilas y acumuladores que hayan sido sometidos tanto a tratamiento como a reciclado de conformidad con lo dispuesto en el artículo 12, apartado 1, podrán ser eliminados en vertederos terrestres o mediante incineración.”

En las dos normas, se expone que, los acumuladores y baterías deben ir correctamente etiquetados, como podía verse en la figura 37 o en el siguiente ejemplo:

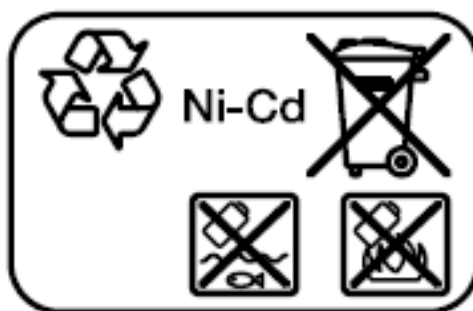


Figura 37: ejemplo de etiquetado obligatorio según la Directiva 2006/66/CE

3.3.3. Conclusiones

Las baterías son una de las partes donde se pueden actuar con una mejor facilidad. El problema reside, en que dichas actuaciones pueden convertirse en inconvenientes.

Por ejemplo, podríamos aumentar la capacidad por encima de 1,5 Ah y de esta manera aumentaría la autonomía. Pero también aumentaría el peso de la batería, analicémoslo numéricamente:

$$P = 124,58 \text{ W} ; C = 1,5 \text{ Ah}$$

$$I = \frac{P}{U} = \frac{124,58}{12} = 10,381 \text{ A}$$

$$\text{Autonomía} = \frac{C}{I} = \frac{1,5}{10,381} \Rightarrow 0,1445 \text{ h}$$

$$\text{Autonomía} = 8 \text{ min y } 40 \text{ s}$$

$$P = 124,58 \text{ W} ; C = 2,0 \text{ Ah}$$

$$I = \frac{P}{U} = \frac{124,58}{12} = 10,381 \text{ A}$$

$$\text{Autonomía} = \frac{C}{I} = \frac{2,0}{10,381} \Rightarrow 0,1926 \text{ h}$$

$$\text{Autonomía} = 11 \text{ min y } 34 \text{ s}$$

Podemos ver, que con un modelo de celdas en la batería, del mismo fabricante y con las mismas características salvo la capacidad. La autonomía¹ aumenta en un 33 %, pero ¿en cuánto aumentará el peso?

El peso total del pack baterías de 1,5 Ah es de 191 g y el de una celda 42 g, es decir: $191 - (3 \cdot 42) = 65 \text{ g}$ corresponden a la carcasa, circuito de protección...para una celda de 2,0 Ah le corresponden 45 g, por lo tanto:

$$\text{pack baterías (2,0 Ah)} = 3 \cdot 45 + 65 = 200 \text{ g}$$

$$\text{Aumento del peso} = \left(1 - \frac{200}{191}\right) \cdot 100 = 4,7\%$$

Podemos concluir que es una buena solución, porque aumentando la autonomía en un 33%, el peso del acumulador aumentará en 4,7 %. Dicho aumento de peso no es excesivo para la funcionalidad de la herramienta.

¹ En una operación la herramienta funciona segundos.

4. Mejoras derivadas del proceso

Una vez analizadas las partes más relevantes del producto y analizados los pros y contras de las mismas, se introducirán algunas mejoras sustanciales.

- Mejora ergonómica

La ergonomía es una de las claves en el diseño de cualquier máquina herramienta, para que el agarre sea lo más natural posible. Los indicadores estén dispuestos de tal forma que puedan ser utilizados de una forma intuitiva sin tener que realizar un esfuerzo extra para accionarlo.

En la siguiente figura puede verse la posición correcta de trabajo, extraída del catálogo del fabricante Makita.



Figura 38: agarre ergonómico del taladro.

Pero hemos considerado, que a pesar de que ergonómicamente el taladro está muy optimizado, podemos introducir una mejora en el gatillo para aumentar un poco el confort. Como puede verse en la recreación de la derecha, se ha modificado el gatillo para que los dedos descansen mejor. De esta forma, mejoraremos el agarre de la herramienta y la postura de trabajo.



Figura 39: mejora ergonómica del gatillo.

- Mejora del portabrocas

Una de las formas más efectivas para implantar mejoras en un producto es preguntar al usuario final. En nuestro caso, recordemos que el taladro estudiado había sido proporcionado por el trabajador de una empresa, por lo tanto es una fuente muy importante de información. Se han tenido conversaciones con los empleados que utilizan diariamente el atornillador y varios de ellos exponen, que unos de los principales defectos del producto se encuentra en la sujeción de la broca. Las pinzas de sujeción de las brocas realizan correctamente su función, pero el operario tiene que hacer demasiada fuerza en la parte exterior del portabrocas para fijar la broca. Esto conlleva que posteriormente para la extracción se tenga que superar el apriete manual realizado. Estos operarios, utilizan guantes en su trabajo, pero aun así no consiguen un apriete óptimo de la broca.

Por lo tanto, se adaptarán longitudinalmente doce tiras de goma en el exterior del portabrocas, de ésta manera se favorece el agarre de la mano del individuo tanto en la fijación como en la extracción de las brocas. Esto se puede ver en detalle en la figura de la derecha.

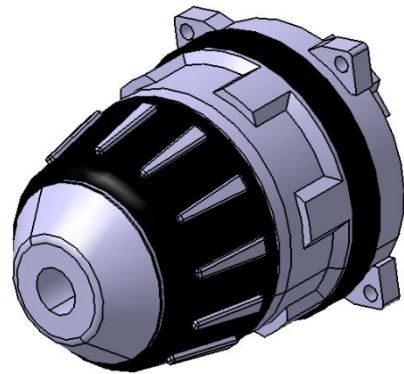


Figura 40: mejora del portabrocas.

El modelo analizado y otros del mercado disponen de unas hendiduras en el exterior con este fin, pero según los usuarios consultados no es suficiente.

- Mejora de las baterías

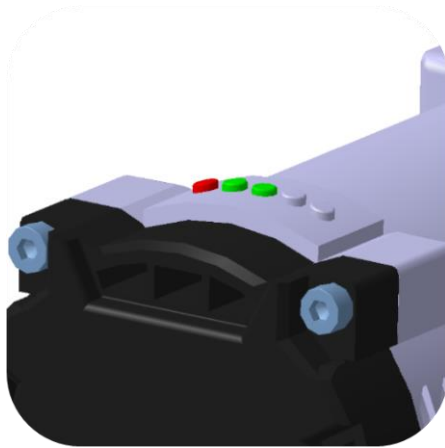


Figura 41: indicador de estado de la batería.

Realizando el análisis de mercado, se ha podido constatar, que un amplio porcentaje de los modelos analizados no disponían de un indicador de estado. Por esto, es una de las innovaciones a destacar, no obstante aunque supondrá un coste y su ubicación en el taladro es algo complicada (ver figura 41), marcará una diferencia frente a la mayoría de los modelos del mercado.

Existen varios métodos para determinar el estado de una batería, el más económico es el sistema de medición basado en tensión, pero debido a que las baterías son de Li-ion, no es el más exacto. Sin embargo el método más utilizado actualmente, conocido como *Coulomb Counting*, funciona razonablemente bien, especialmente para Li-ion.

Veámoslo con un ejemplo: si la batería es de 1,5 Ah se carga a 3 A durante 9 minutos (0,15 horas), incrementa su carga en 0,45 Ah, es decir, un 30% más de lo que había inicialmente.

El circuito impreso, que puede verse en la parte inferior funciona de esta manera, dispone de un botón que tras ser pulsado muestra el nivel en cuatro escalas (25%,50%,75% y 100%), los LED que indican el nivel de carga son azules. Las medidas son: 40x13,5x3,5 mm y coinciden con la ubicación selecciona.

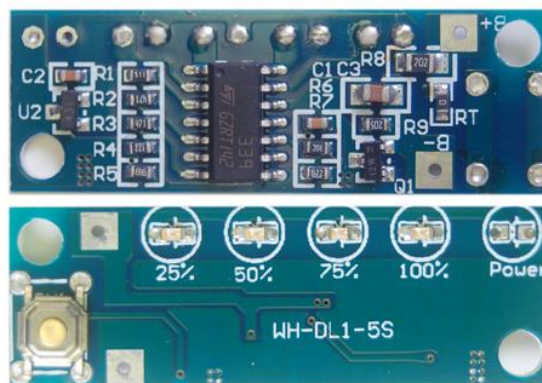


Figura 42: anverso y reverso de la tarjeta de circuito impreso.

4.1 Conclusiones

1 Baterías	Se ha modificado la capacidad de las baterías, de 1,5 Ah a 2,0 Ah, esto aumentará la autonomía en un 33 % y el peso en un 4,7 %.
	Se instalará un indicador del estado de carga de la batería.
2 Portabrocas	El proveedor, colocaran doce tiras de goma en el exterior para favorecer el agarre, con ello se mejorará la fijación y extracción de la broca
3 Ergonomía	Se le solicitará al proveedor, que modifique la forma del gatillo para que los dedos descansen mejor favoreciendo el agarre de la herramienta y la postura.

Tabla 1: resumen de las mejoras realizadas

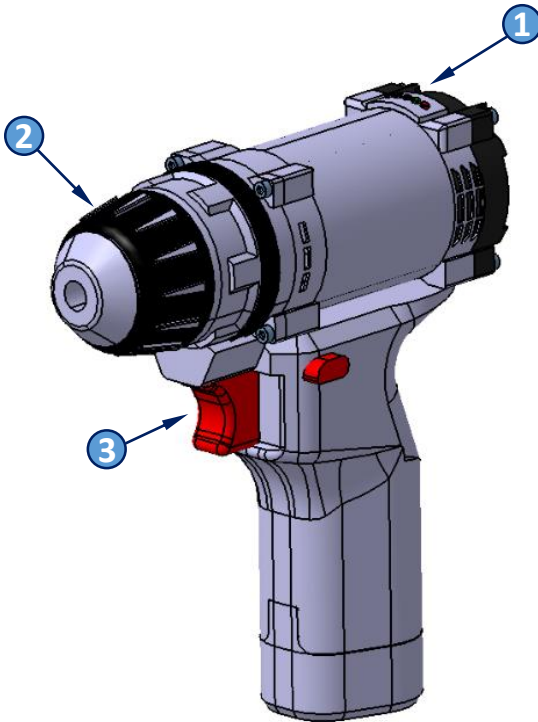


Figura 43: vista general las mejoras implementadas en el taladro UPC12M01

5. Estudio económico

Para concluir con el proceso de análisis, se realizará un estudio económico mediante el desglose de los diferentes componentes. Supondremos un volumen de 5000 unidades, esto supone que los precios unitarios se verán considerablemente reducidos por los descuentos aplicados. Aunque algunos de estos precios, han sido estimados en función del análisis de los precios facilitados por los principales fabricantes en sus catálogos de recambios.

Componente	Precio unitario	Total unitario
Carcasa de PVC	7,77 €	38.850,00 €
Gatillo (con mejora)	1,12 €	5.600,00 €
Gatillo inversión de giro	0,47 €	2.350,00 €
Modulo electrónico	28,64 €	143.200,00 €
Portabrocas (con mejora)	12,89 €	64.450,00 €
Engranaje reductor de par	25,17 €	125.850,00 €
Motor de corriente continua 12 V	0,74 €	3.700,00 €
Luz LED	0,50 €	2.500,00 €
Baterías Li-Ion 2,0 Ah (x2)	23,07 €	115.350,00 €
Cargador	29,52 €	147.600,00 €
Indicador estado batería	1,96 €	9.800,00 €
Tornillo (x11)	0,39 €	21.450,00 €
Maletín	10,41 €	52.050,00 €
Costes de producción	10,33 €	51.650,00 €
Costes del Benchmarking (x225 h)	75,00 €	16.875,00 €
Costes del delineante (x60 h)	30,00 €	1.800,00 €
I.V.A	21%	38.850,00 €
Precio unidad completa		194,34 €

Tabla 2: estudio económico

Por lo tanto como puede verse en la tabla 2, el coste final de la herramienta es muy competitivo, siendo de 194,34 €. Este precio, está muy próximo al precio medio establecido en el análisis de mercado, lo que permite ajustar otro precio en función de los beneficios deseados.

6. Conclusiones

El objetivo principal de este proyecto ha sido diseñar un taladro/ atornillador mediante el uso de la técnica conocida como *benchmarking*. Se ha alcanzado un conocimiento amplio de esta metodología, comprendiendo sus diferentes tipos y aplicaciones posibles.

Escogí este proyecto, porque me parecía una idea tangible, no un concepto de investigación o simulación y esto, para mí, es el mejor aspecto de este proyecto. Durante el desarrollo del mismo, he comprobado que ha sido una buena elección, porque a pesar de las dificultades iniciales: en la búsqueda de los modelos de herramienta, la búsqueda de la información necesaria, desensamblar cada componente analizado... todo esto me ha servido para comprobar cómo se realiza un producto real y que el *benchmarking* es una técnica muy útil, si se aplica con disciplina.

En algunos aspectos, me hubiese gustado obtener unos mejores resultados. Especialmente en lo que se refiere al estudio mecánico, donde lo idóneo hubiese sido profundizar algo más, quizá con alguien con unos conocimientos más amplios esto hubiese sido posible. Aunque se debe pensar que la ingeniería inversa no termina aquí, porque como se ha explicado, es un proceso de mejora continua, por lo tanto todos estos aspectos podrían mejorarse en un nuevo estudio, con los datos de partida de los que se dispone

Como conclusión final, me gustaría exponer que el aprendizaje autónomo del programa de diseño CATIA ha supuesto todo un desafío personal. Esto lo destaco, porque en el desarrollo de la memoria no tiene mucho peso. Sin embargo, el diseño del taladro en 3D será un valor añadido el día de la defensa del proyecto.

7. Bibliografía

Libros:

SPENDOLINI, Michael J., *Benchmarking*. 2ª edición. Grupo Editorial Norma 2005. ISBN: 958-04-8564-X.

GARCIA PRADA, J.C., *Problemas resueltos de teoría de máquinas y mecanismos*. 1ª edición. Editorial Paraninfo S.A. 2007. ISBN: 978-84-9732-495-3.

Documentos electrónicos

BOSCH, *Herramientas eléctricas Bosch para la construcción y la industria*. [En línea]. España. [Consulta: 02 de febrero 2014] Disponible en:

< <http://www.bosch-professional.com/es/es/atornillador-101327-ocs-c/> >

AEG, *Herramientas por acumulador / 12 V*. [En línea]. España. [Consulta: 02 de febrero 2014] Disponible en:

< <http://es.aeg-powertools.com/products/category/cordless-systems/12v-power/12v-power/> >

MAKITA, *Herramientas a batería, taladros atornilladores* [En línea]. España. [Consulta: 02 de febrero 2014] Disponible en:

< <http://www.makita.es/tool-groups/22156/taladros-atornilladores.html> >

HITACHI, *Catálogo de herramientas y accesorios 2013* [PDF en línea]. España.
[Consulta: 19 de febrero 2014] Disponible en:

< <http://www.hitachi-powertools.es/pdf/catalogos/Hitachi%20Cat%20General%20esp.pdf> >

DEWALT, *Taladros atornilladores sin cable*. [En línea]. España.
[Consulta: 19 de febrero 2014] Disponible en:

< <http://www.dewalt.es/powertools/productoverview/hierarchy/14/> >

JOHNSON MOTOR, *Catálogo del motor de corriente continua*. [PDF en línea]. China.
[Consulta: 05 de marzo 2014] Disponible en:

< <http://www.johnsonmotor.com/en/products/dc-motors/standard-dc-motors/low-voltage-dc-motors/datasheets/HC683LP-022-metric.pdf> >

PRECIOS, *Obtención de los precios del estudio de mercado*. [En línea]. España.
[Consulta: 19 de febrero 2014] Disponible en:

< <http://www.tuherramienta.es/> >

PRECIOS, *Distribuidor del motor al por mayor*. [En línea]. China.
[Consulta: 03 de abril 2014] Disponible en:

< <http://www.made-in-china.com/showroom/robinsmotor/product-detailjMRJHqPKAypk/China-Johnson-Low-Voltage-Standard-DC-Motors.html> >

MOLICEL, *Catálogo de la celda modelo MR-18650E*. [PDF en línea]. Canadá.
[Consulta: 06 de junio 2014] Disponible en:

< <http://www.molicel.com/ca/pdf/IMR18650E.pdf> >

PRECIOS, *Obtención de los precios del estudio económico*. [En línea]. España.
[Consulta: 11 de junio 2014] Disponible en:

< <http://www.bateria.es> >

Videografía

How to wind armature of 3 pole dc motor [Video en línea]
[Consulta: 13 marzo 2014] Disponible en:

< <https://www.youtube.com/watch?v=W534EUoxJ5k> >

Software

Finite Element Method Magnetics. FEMM 4.2 [programa de elementos finitos].
David Meeker, EE.UU Aladdin Enterprises. [En línea]. S.O Windows

AUTODESK. 2012. AutoCAD 2012 [programa de diseño 2D]. San Rafael, EE.UU
Autodesk. [CD-ROM] S.O Windows

CATIA. CATIA V5 [programa de diseño 3D]. David Meeker, EE.UU Dassault Systèmes.
[CD-ROM] S.O Windows

Gears Simulator. Simulador de mecanismo 4.0 [programa de simulación mecánica].
Jaume Dellunde, ESPAÑA. [En línea] S.O Windows

8. Anexos

8.1. Anexo 1: Especificaciones



Taladro atornillador

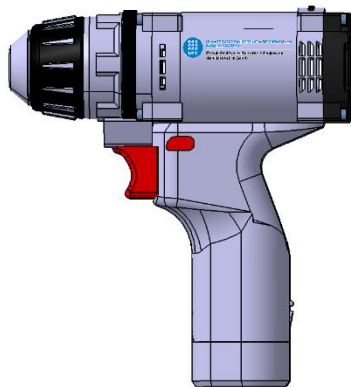
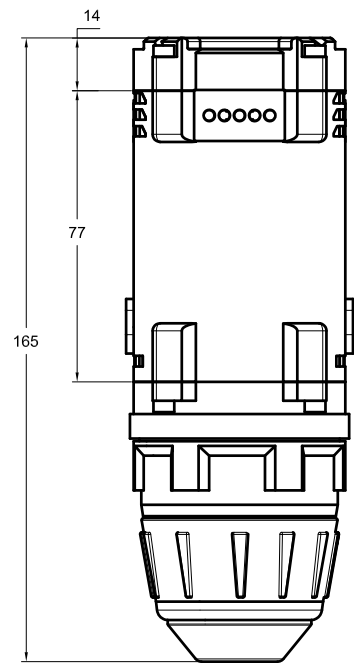
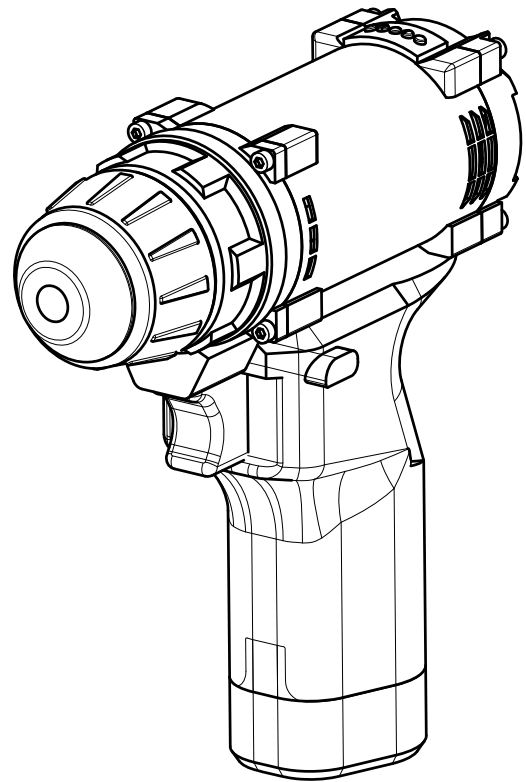
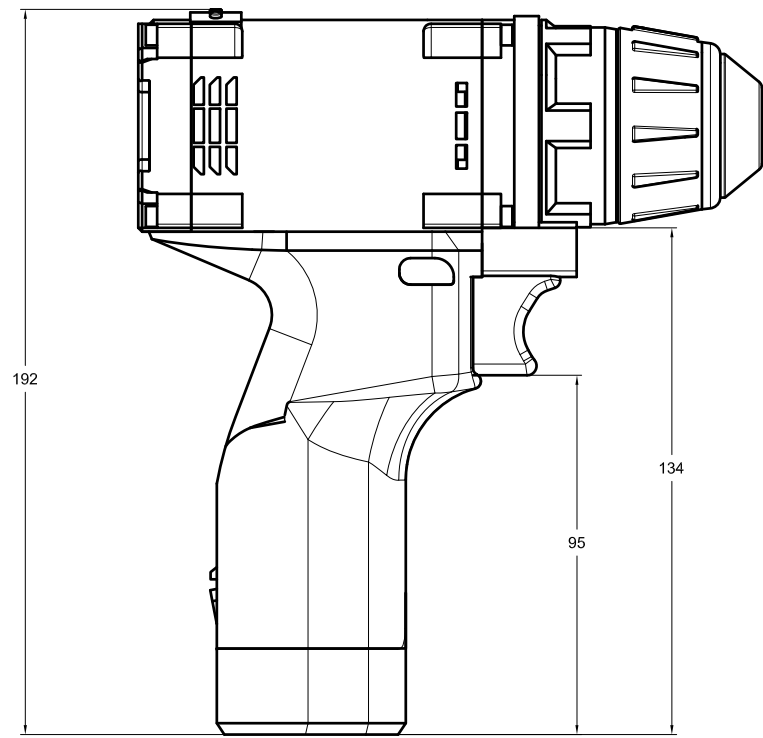
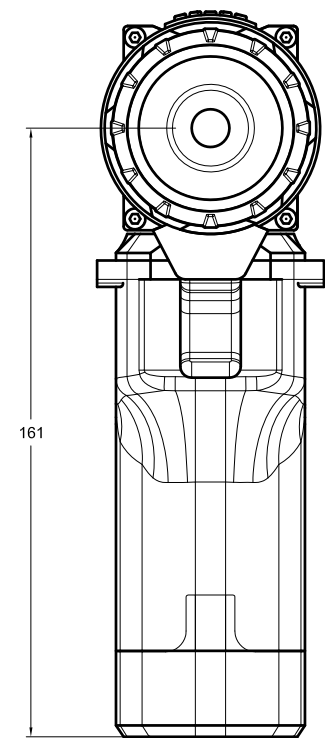


Figura 44: taladro UPC12M01

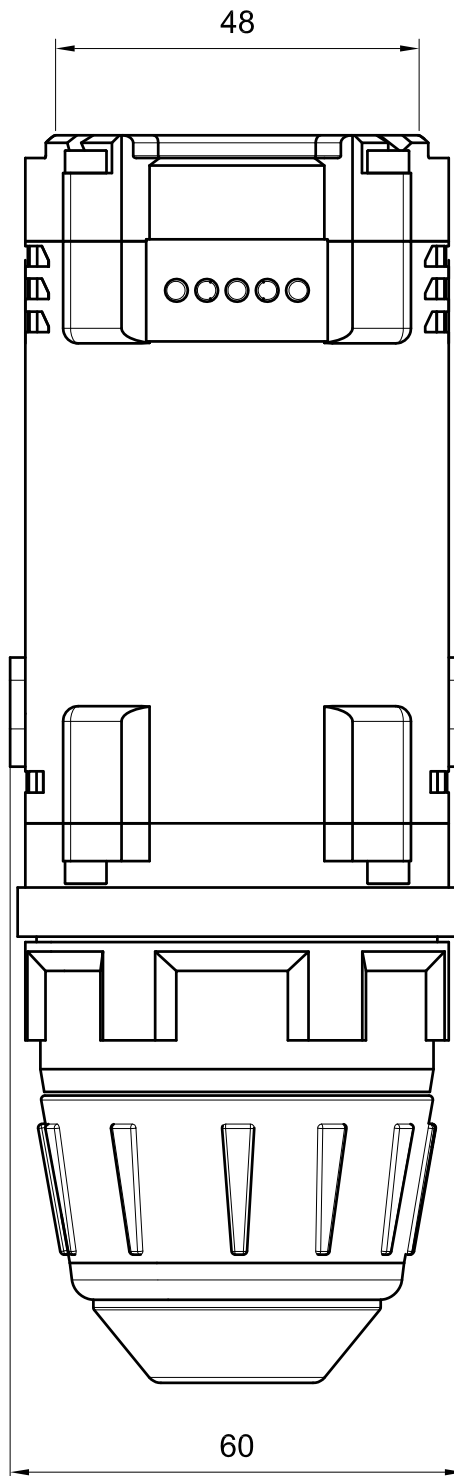
Química de la batería	Li-ion
Voltaje	12 V
Capacidad de la Batería	2,0 Ah
Par máximo [duro]	25 Nm
Par máximo [blando]	-----
Velocidad sin carga	0-575 rpm
Velocidades mecánicas	-----
Capacidad de portabrocas	1,5 - 10 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Madera]	20 mm
Máx. Capacidad de taladrado [Metal]	10 mm
Peso	1,2 kg
Longitud	165 mm
Alto	192 mm
Anchura	56 mm
Tiempo de carga	40 min
Indicador estado de la batería	Sí
Luz LED	Sí
Precio(estimado)	189,91 €

8.2. Anexo 2: Planos

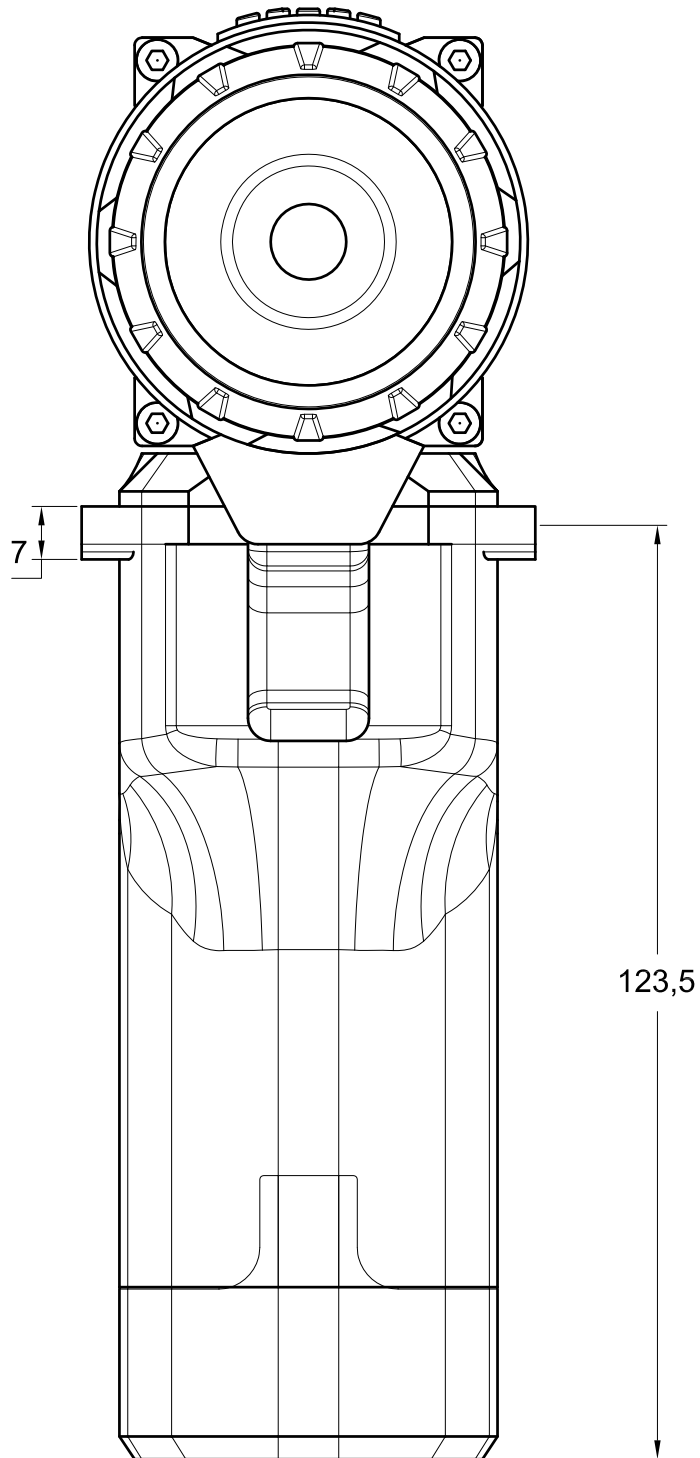
- PLANO 1: vistas del taladro.
- PLANO 2: planta del taladro.
- PLANO 3: alzado del taladro.
- PLANO 4: perfil del taladro.
- PLANO 5: vistas del motor
- PLANO 6:vistas del portabrocas
- PLANO 7: vistas de la batería



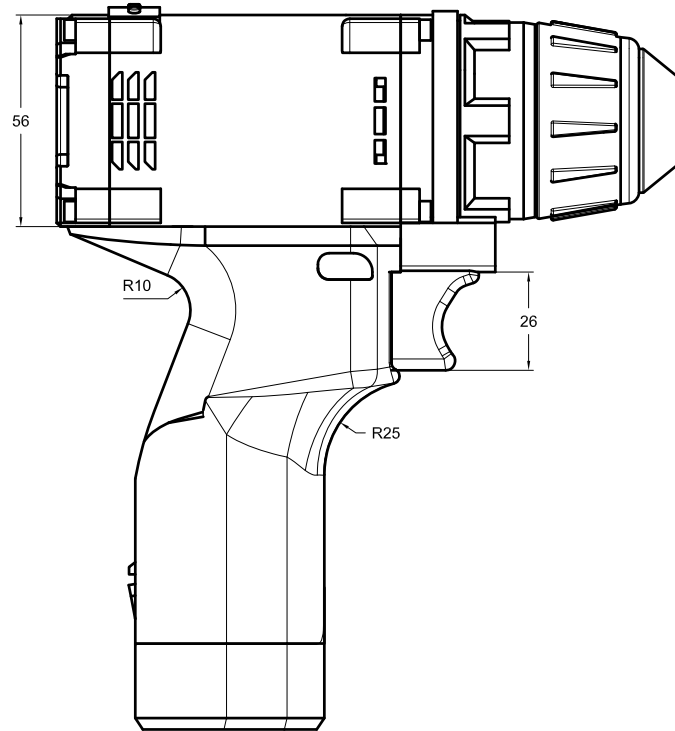
PROJECTISTA: JONATHAN GONZALEZ RAMIREZ DNI - 12759461G		TITULAR:  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú	JONATHAN GONZÁLEZ RAMÍREZ 627085634 CARRER DE VÈLIA 08016 BARCELONA
FECHA: 11/07/2014	PROYECTO: DISEÑO DE UN TALADRO / ATORNILLADOR ELECTRICO		PLANO NÚM: 1
ESCALA: 1:2	PLANO: VISTAS DEL TALADRO		SUSTITUYE A:
			SUSTITUIDO POR:



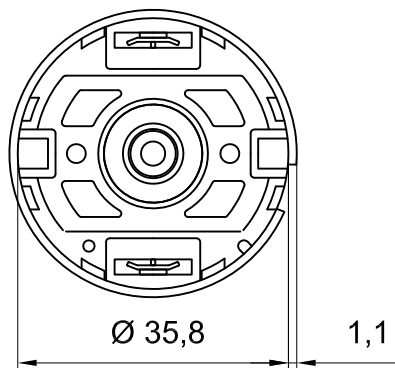
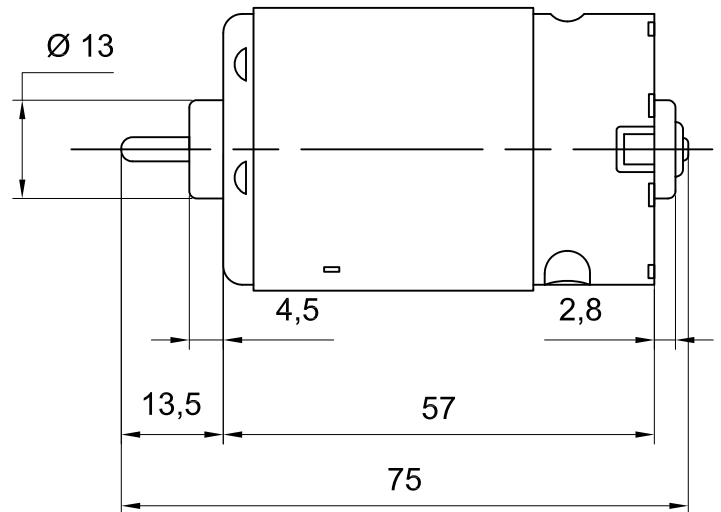
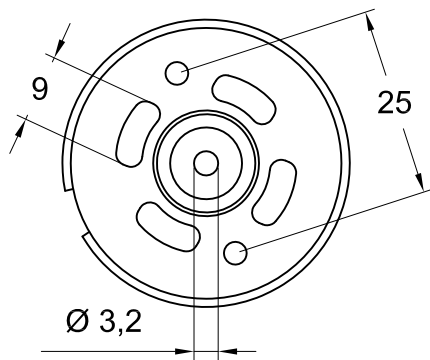
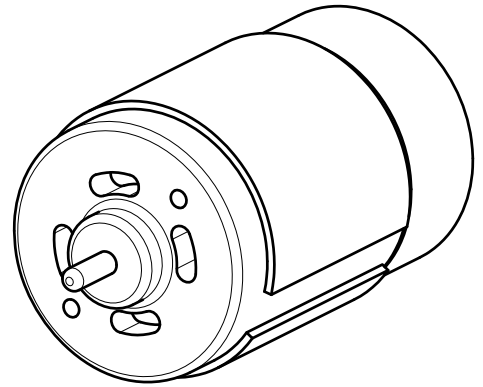
PROJECTISTA: JONATHAN GONZALEZ RAMIREZ DNI - 12759461G		TITULAR:  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH <small>Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú</small>	JONATHAN GONZÁLEZ RAMÍREZ 627085634 CARRER DE VÈLIA 08016 BARCELONA
FECHA: 11/07/2014	PROYECTO: DISEÑO DE UN TALADRO / ATORNILLADOR ELECTRICO		PLANO NÚM: 2
ESCALA: 1:1	PLANO: PLANTA DEL TALADRO		SUSTITUYE A:
			SUSTITUIDO POR:



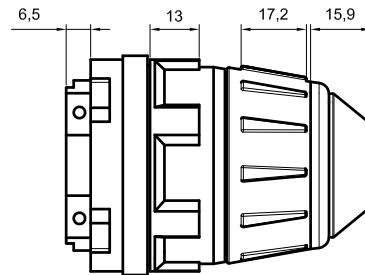
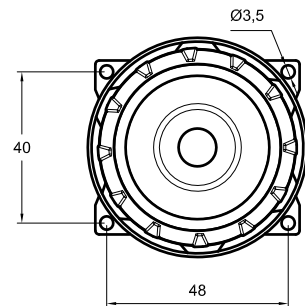
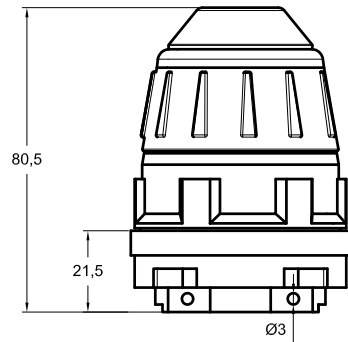
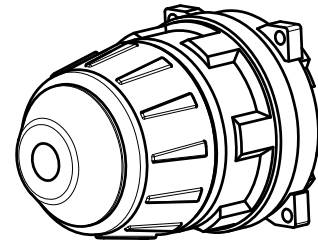
PROJECTISTA: JONATHAN GONZALEZ RAMIREZ DNI - 12759461G		TITULAR:  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú	JONATHAN GONZÁLEZ RAMÍREZ 627085634 CARRER DE VÈLIA 08016 BARCELONA
FECHA: 11/07/2014	PROYECTO: DISEÑO DE UN TALADRO / ATORNILLADOR ELECTRICO		PLANO NÚM: 3
ESCALA: 1:1	PLANO: ALZADO DEL TALADRO		SUSTITUYE A:
			SUSTITUIDO POR:



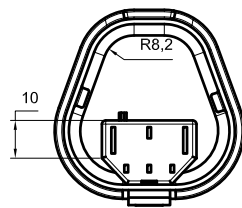
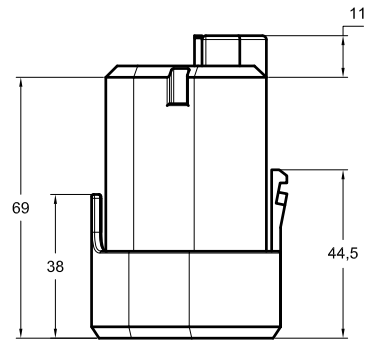
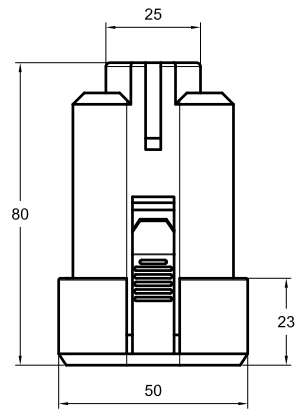
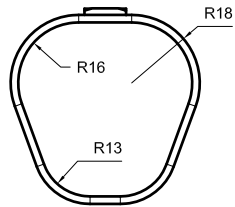
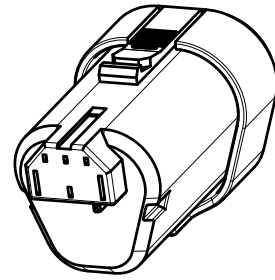
PROJECTISTA: JONATHAN GONZALEZ RAMIREZ DNI - 12759461G		TITULAR:  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú	JONATHAN GONZÁLEZ RAMÍREZ 627085634 CARRER DE VÈLIA 08016 BARCELONA
FECHA: 11/07/2014	PROYECTO: DISEÑO DE UN TALADRO / ATORNILLADOR ELECTRICO	PLANO NÚM: 4	
ESCALA: 1:2	PLANO: PERFIL DEL TALADRO	SUSTITUYE A:	
		SUSTITUIDO POR:	



PROJECTISTA: JONATHAN GONZALEZ RAMIREZ DNI - 12759461G		TITULAR:  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú	JONATHAN GONZÁLEZ RAMÍREZ 627085634 CARRER DE VÈLIA 08016 BARCELONA
FECHA: 11/07/2014	PROYECTO: DISEÑO DE UN TALADRO / ATORNILLADOR ELECTRICO	PLANO NÚM: 5	
ESCALA: 1:1	PLANO: VISTAS MOTOR	SUSTITUYE A: SUSTITUIDO POR:	



PROJECTISTA: JONATHAN GONZALEZ RAMIREZ DNI - 12759461G		TITULAR:  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú	JONATHAN GONZÁLEZ RAMÍREZ 627085634 CARRER DE VÈLIA 08016 BARCELONA
FECHA: 11/07/2014	PROYECTO: DISEÑO DE UN TALADRO / ATORNILLADOR ELECTRICO	PLANO NÚM: 6	
ESCALA: 1:2	PLANO: VISTAS PORTABROCAS	SUSTITUYE A: SUSTITUIDO POR:	



PROJECTISTA: JONATHAN GONZALEZ RAMIREZ DNI - 12759461G		TITULAR:  UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA BARCELONATECH Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú	JONATHAN GONZÁLEZ RAMÍREZ 627085634 CARRER DE VÈLIA 08016 BARCELONA
FECHA: 11/07/2014	PROYECTO: DISEÑO DE UN TALADRO / ATORNILLADOR ELECTRICO	PLANO NÚM: 7	
ESCALA: 1:2	PLANO: VISTAS BATERÍA	SUSTITUYE A: SUSTITUIDO POR:	

